Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Щёкина Вера Витальевна
Должность: Ректор
Дата подписания: 22.10.2026 09:55:10
Уникальный программный ключ:
a2232a55157e976551a8999b1190892af53989420420336ffbf573a434e57789

	МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет»
	ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА **Рабочая программа дисциплины**

УТВЕРЖДАЮ
Декан естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»
_____И.А. Трофимцова
«25» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Направление подготовки
44.03.05 ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
(с двумя профилями подготовки)

Профиль
«БИОЛОГИЯ»

Профиль
«ХИМИЯ»

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Принята на заседании кафедры химии
(протокол № 8 от «25» мая 2022 г.)

Благовещенск 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА 3
2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ 5
3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ) 8
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ 8
5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 22
6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА 92
7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ 90
8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ 99
9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ 100
10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА 101
11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ 102

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель дисциплины: формирование фундаментальных знаний в области органической химии.

1.2 Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Органическая химия» относится к дисциплинам обязательной части предметно-методического модуля по профилю «Химия» блока Б1 (Б1.О.08.06).

Для освоения дисциплины «Органическая химия» обучающиеся используют знания, умения, сформированные на предыдущем уровне образования и в ходе изучения дисциплин «Общая химия», «Неорганическая химия».

1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций: УК-1, ОПК-8, ПК-2:

- **УК-1.** Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач, **индикаторами** достижения которой являются:

- УК-1.1 Демонстрирует знание особенностей системного и критического мышления и готовность к нему.
- УК-1.2 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.
- УК-1.3 Аргументированно формирует собственное суждение и оценку информации, принимает обоснованное решение.

- **ОПК-8**. Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний, **индикатором** достижения которой является:

- ОПК-8.3 Демонстрирует специальные научные знания, в том числе в предметной области;

- **ПК-2.** Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам (дисциплинам, модулям) в рамках программ основного общего и среднего общего образования, **индикатором** достижения которой является:

- ПК-2.2 Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов химии (неорганической, аналитической, органической, физической, химии ВМС, химических основ биологических процессов, химической технологии) для решения теоретических и практических задач.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения. В результате изучения дисциплины студент должен

- знать:

- основы качественного анализа органических соединений;
- основные современные методы исследования органических веществ;
- методы и способы обработки информации результатов химического эксперимента, результатов наблюдений и измерений;
- информационные источники справочного, научного, нормативного характера;
- основные химические понятия;
- основные законы химии;
- структуру современной органической химии;
- основные законы, явления и процессы, изучаемые органической химией;
- строение, физические и химические свойства важнейших классов органических соединений;
- механизмы разрыва и образования связей в зависимости от природы органического субстрата и реагента;

- **уметь**:

- проводить анализорганических соединений и интерпритировать полученные результаты;

- обрабатывать, анализироватьи обобщать результаты наблюдений и измерений;
- выявлять связь между физическими и химическими процессами, между строением и свойствами органических веществ,
- решать задачи, используя принципы и методы органической химии;
- объяснять и анализировать на основе экспериментальных данных свойства веществ и процессы, протекающие при их взаимодействии;
- ставить химический эксперимент, анализировать и оценивать лабораторные исследования;
- применять основы и особенности правил техники безопасности при проведении химического эксперимента с органическими веществами;
- называть органические вещества по разным типам номенклатур;
- применять принципы и законы органической химии при анализе конкретных химических процессов и явлений;
- применять знания об электронном строении молекул для объяснения реакционной способности органических соединений;
- использовать знание теории для объяснения образования химической связи в молекулах различных соединений;
- связывать особенности строения молекул со свойствами вещества;
- - интерпретировать данные физических методов исследования;
- выполнять химический эксперимент по распознаванию важнейших органических веществ;
- проводить самостоятельный поиск химической информации с использованием различных источников (научно-популярных изданий, компьютерных баз данных, ресурсов Internet).

- владеть:

- навыками делать заключения и выводы порезультатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ по органической химии;
- навыками систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, атакже результаты расчетов свойств органических веществ и материалов на их основе;
- основными законами и закономерностями органической химии ипримeнять их при решении задач, при анализе экспериментальных данных, полученных при исследовании;
- способами ориентации впрофессиональных источниках информации (журналы, сайты, образовательные порталы);
- Навыками постановки эксперимента, анализа и оценки результатов лабораторных исследований;
- Методами определения возможности протекания химических превращений в различных условиях и оценки их последствий;
- теоретическими методами описания свойств органических веществ на основе их строения;
- способами безопасного обращения с горючими и токсичными веществами, лабораторным оборудованием.

1.5 Общая трудоемкость дисциплины «Органическая химия» составляет 9 зачетных единиц (далее – ЗЕ) (324 часа).

Программа предусматривает изучение материала на лекциях и лабораторных занятиях. Предусмотрена самостоятельная работа студентов по темам и разделам. Проверка знаний осуществляется фронтально, индивидуально.

1.6 Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Объем дисциплины и виды учебной деятельности (очная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 5	Семестр 6
Общая трудоемкость	324	144	180
Контактная работа	172	86	86
Лекции	68	34	34
Лабораторные работы	104	52	52
Самостоятельная работа, написание курсовой работы	116	58	58
Вид контроля			Защита курсовой работы
Вид итогового контроля:	36	Зачет (с оценкой)	Экзамен

2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Учебно-тематический план (очная форма обучения)

№	Наименование тем (разделов)	Всего часов	Аудиторные занятия		Самостоятельная работа, курсовая работа
			Лекции	Лабораторные занятия	
5семестр					
1	**Теоретические основы органической химии**	**42**	**8**	**16**	**18**
1.1	Электронное строение атома углерода. Гибридизация	**4**	2		2
1.2	Ковалентная связь, её характеристики.	2			2
	Теория строения органических соединений А.М. Бутлерова. Изомерия	4	2		2
1.3	Теория электронных смещений	4	2		2
1.4	Классификация органических соединений и органических реакций.Кислотные и основные свойства органических соединений	4	2		2
1.5	Лабораторная работа 1. Техника безопасности при работе в лаборатории органической химии. Правила ведения лабораторного журнала.	6		4	2
1.6	Лабораторная работа 2. Методы выделения и очистки органических соединений	6		4	2
1.7	Лабораторная работа 3. Определение температуры плавления, температуры кипения и показателя преломления веществ	6		4	2
1.8	Лабораторная работа 4. Качественный элементный анализ органических соединений	6		4	2
2	**Алифатические углеводороды и их производные**	**66**	**16**	**24**	**26**
2.1	Алканы	4	2		2
2.2	Лабораторная работа 5. Алканы	6		4	2
2.3	Алкены и алкадиены	6	4		2
2.4	Лабораторная работа 6. Алкены	6		4	2
2.5	Алкины	4	2		2

2.6	Лабораторная работа 7. Алкины	6		4	2
2.7	Галогенопроизводные алифатических углеводородов	4	2		2
2.8	Лабораторная работа 8. Галогенопроизводные алифатических углеводородов	6		4	2
2.9	Спирты и простые эфиры	4	2		2
2.10	Лабораторная работа 9. Одноатомные спирты	6		4	2
2.11	Лабораторная работа 10. Многоатомные спирты, простые эфиры, сложные эфиры минеральных кислот	6		4	2
2.12	Тиолы и сульфиды	4	2		2
2.13	Циклоалканы	4	2		2
3	**Углеводороды ароматического ряда и их производные**	**36**	**10**	**12**	**14**
3.1	Ароматические углеводороды	6	4		2
3.2	Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду. Общие представления о механизме.	4	2		2
3.3	Лабораторная работа 11. Ароматические углеводороды	6		4	2
3.4	Нитрование,галогенирование и сульфирование ароматических углеводородов	4	2		2
3.5	Лабораторная работа 12. Ароматические углеводороды с конденсированными бензольными ядрами	6		4	2
3.6	Фенолы	4	2		2
3.7	Лабораторная работа 13. Фенолы	6		4	2
	Всего	144	34	52	58
	Семестр 6				
4	**Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты**	**48**	**10**	**20**	**18**
4.1	Альдегиды и кетоны	4	2		2
4.2	Лабораторная работа 14. Альдегиды и кетоны	6		4	2
4.3	Монокарбоновые кислоты и их производные	4	2		2
4.4	Лабораторная работа 15. Монокарбоновые кислоты	6		4	2
4.5	Дикарбоновые кислоты	4	2		2
4.6	Лабораторная работа 16. Дикарбоновые кислоты	6		4	2
4.7	Непредельные, гидрокси- и оксокарбоновые кислоты	6	4		2
4.8	Лабораторная работа 17. Непредельные кислоты и жиры	6		4	2
4.9	Лабораторная работа 18. Гидроксикислоты	6		4	2
5	**Азотсодержащие органические соединения**	**30**	**6**	**12**	**12**
5.1	Амины	4	2		2

5.2	Лабораторная работа 19. Амины	6		4	2
5.3	Диазо- и азосоединения	4	2		2
5.4	Лабораторная работа 20. Диазо - и азосоединения	6		4	2
5.5	Аминокислоты, пептиды и белки	4	2		2
5.6	Лабораторная работа 21. Аминокислоты	6		4	2
6	**Углеводы**	**28**	**6**	**12**	**10**
6.1	Моносахариды	4	2		2
6.2	Лабораторная работа 22. Моносахариды	6		4	2
6.3	Полисахариды	6	4		2
6.4	Лабораторная работа 23. Дисахариды	6		4	2
6.5	Лабораторная работа 24. Полисахариды	6		4	2
7	**Гетероциклические соединения**	**12**	**6**		**10**
7.1	Пятичленные гетероциклы	4	2		2
7.2	Шестичленные гетероциклы	4	2		4
7.3	Пуриновые и пиримидиновые основания. Нуклеиновые кислоты.	4	2		4
8	**Современные физико-химические методы анализа органических веществ**	**12**		**8**	**8**
8.1	Лабораторная работа 25. Хроматография	4		4	4
8.2	Лабораторная работа 26. Изучение биологических материалов методом ИК-спектроскопии	4		4	4
	Всего	144	34	54	58
Экзамен		36			
Защита курсовой работы					
ИТОГО		**324**	**68**	**108**	**116**

Интерактивное обучение по дисциплине

№	Наименование тем (разделов)	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Кол-во часов
1.	Алкины	ЛК	Лекция с ошибками	2
	Алканы	ЛБ	Работа в малых группах	4
	Алкены	ЛБ	Работа в малых группах	4
	Алкины	ЛБ	Работа в малых группах	4
	Галогенопроизводные алифатических углеводородов	ЛБ	Работа в малых группах	4
	Одноатомные спирты	ЛБ	Работа в малых группах	4
2.	Фенолы	ЛК	Лекция с ошибками	2
3.	Амины	ЛК	Лекция вдвоём («блочная лекция»)	2
4.	Непредельные, гидрокси - и оксокарбоновые кислоты	ЛК	Лекция-консультация	2
5.	Аминокислоты, пептиды и белки	ЛК	Лекция вдвоём («блочная лекция»)	2
6.	Дикарбоновые кислоты	ЛБ	Работа в малых группах	4
7.	Дисахариды	ЛБ	Работа в малых группах	4
8.	Полисахариды	ЛБ	Работа в малых группах	2
9.	Пятичленные гетероциклы	ЛБ	Работа в малых группах	2
	ИТОГО	**48**/116 = 41 %		

3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

5 семестр

1 Теоретическое введение

Предмет органической химии и основные этапы ее развития. Электронная конфигурация атома углерода. Гибридизация углерода в органических соединениях. Валентные состояния атома углерода в органических соединениях.

Типы химических связей в органических соединениях. Ковалентная связь. Сигма-связь. Пи-связь. Свойства ковалентной связи: энергия, длина, полярность, поляризуемость, порядок, направленность. Водородные связи.

Теория строения органических соединений А.М. Бутлерова. Структурная изомерия: изомерия углеродного скелета, изомерия положения, межклассовая изомерия.

Теория электронных смещений. Индуктивный (индукционный эффект). Свойства индуктивного эффекта. Влияние эффекта на химические свойства органических соединений. Мезомерный эффект. Сопряжение. Типы сопряжений. Граничные структуры и мезоформулы органических соединений. Влияние эффекта на химические свойства органических соединений.

Пространственная изомерия. Конформационная изомерия органических соединений. Конформации и конформеры. Проекции “Козлы” и Ньюмена. Торсионный угол. Заторможенная и заслоненная конформации. Геометрическая изомерия органических соединений. Цис- и транс-изомеры. Определение абсолютной конфигурации. Z- и E-изомеры.

Оптическая изомерия органических соединений. Асимметрический (хиральный) атом углерода. Энантиомеры. Определение абсолютной конфигурации. R-, S-конфигурация. Проекционные формулы Фишера. Их особенности, правила построения. D- и L-ряд органических соединений. Рацематы.

Классификация органических реакций по структурным изменениям в исходных веществах: реакции замещения, присоединения, отщепленная, перегруппировок. Радикальные реакции. Свободные радикалы. Гомологический разрыв связи в субстрате. Ионные реакции. Электрофилы и нуклеофилы. Гетеролитический разрыв связи в субстрате.

Селективность и специфичность химических реакций. Химическая селективность, региоселективность и стереоселективность химических реакций. Кинетические и термодинамичсекий контроль. Понятие о механизме химической реакции. Промежуточные соединения и переходные состояния. Энергия активации.

Факторы, оказывающие влияние на механизм и скорость химической реакции: давление, температура. Катализаторы. Растворители: сильнополярные и малополярные (протонные и апротонные), неполярные.

Кислотно-основные свойства органических соединений. Кислоты и основания с точки зрения теории электролитической диссоциации. Кислоты и основания Бренстеда-Лоури и Льюиса. Влияние электронных эффектов на кислотно-основные свойства органических соединений. Представление о жестких и мягких кислотах и основаниях. Принцип ЖМКО.

Методы установления механизмов реакций.

Место органической химии в школьном курсе химии в соответствии с требованиями ФГОС ОО. Системно-деятельностный подход к обучению органической химии.

II Углеводороды алифатического ряда и их производные

Алканы. Номенклатура и изомерия. Алкильные радикалы, их номенклатура. Физические свойства алканов. Способы получения алканов: из синтез газа, восстановлением йодоводородом при нагревании производных алканов, из галогеналканов по реакции Вюрца, из галогеналканов через магнийорганические соединения, при сплавлении солей карбоновых кислот со щелочам, гидролизом карбида алюминия, электролизом солей карбоновых кислот по Кольбе, из альдегидов и кетонов по реакции Кижнера-Вольфа, из альдегидов и кетонов по реакции Клемменсена. Природные источники алканов.

Электронное строение.

Реакции радикального замещения: галогенирование алканов. Механизм хлорирования метана и пропана. Факторы определяющие преимущественное направление замещения в реакциях радикального замещения алканов. Различие в реакционной способности атома водорода при первичном, вторичном и третичном атоме углерода. Нитрование, сульфохлорирование, сульфоокисление. Механизм нитрования пропана разбавленной азотной кислотой.

Реакции дегидрирования, разложения, изомеризации и окисления алканов.

Алкены. Номенклатура и изомерия. Физические свойства. Способы получения: с помощью реакций элиминирования из спиртов, галогеналканов, солей замещенного аммония, дегидрированием или крекингом алканов, дегалогенирование вицинальных дигалогеналканов.

Электронное строение алкенов. Реакции электрофильного присоединения (АЕ): присоединение галогенводородов, галогенов, воды и гидроборирование. Используемые катализаторы. Механизм присоединения брома к пропену.

Реакции нуклеофильного присоединения: взаимодействие с аммиаком соединений, содержащих этиленовый фрагмент и несколько сильных электроноакцепторных групп, например, -CN или -CF3. Реакции с увеличением углеродного скелета: гидроформилирование, теломеризация и полимеризация. Механизмы полимеризации.

Реакции радикального присоединения: взаимодействие с бромоводородом. Механизм взаимодействия бутена-1 с бромоводородом в присутствии органического пероксида. Реакции радикального замещения: хлорирование по альфа-углеродному атому. Изомеризация алкенов.

Окисление алкенов: кислородом воздуха без катализатора, диоксидом селена, образование эпоксисопединений, реакция Вагнера, окисление в жестких условиях, озонирование. Реакции комплексообразования (взаимодействие с солями платины) и гидрирования.

Алкины. Номенклатура и изомерия. Физические свойства. Получение: пиролиз метана, гидролизом карбидов металлов, дегидрогалогенирование дигалогеналканов, дегалогенирования вицинальных тетрагалогеналканов, алкилирование ацетилена.

Электронное строение алкинов. Кислотные свойства: металлические производные алкинов. Использование алкинидов в органическом синтезе. Реакции электрофильного и радикального присоединения: галогенирование, гидрогалогенирование. Гидратация алкинов. Механизм гидратации пропина. Реакции нуклеофильного присоединения: присоединение спиртов и алкоголятов к алкинам.

Реакции радикального замещения: галогенирование при высокой температуре.

Циклотримеризация (ароматизация) на примере ацетиленовых углеводородов. Взаимодействие с солями платины.

Алкадиены. Классификация и номенклатура. Получение алкадиенов: дегидрирование алканов и алкенов, дегидратация многоатомных спиртов, дегидрогалогенирование и дегалогенирование полигалогеналканов. Получение изопрена димеризацией пропилена. Получение аллена из пропилена.

Сопряженные диены. Электронное строение. Гидрирование: водородом на катализаторах и атомарным водородом. Электрофильное присоединение: галогенирование и гидрогалогенирование. Механизм электрофильного 1,2- и 1,4-присоединения, кинетический и термодинамический контроль.

Реакции радикального присоединения: галогенирование и гидрогалогенирование. Диеновый синтез. Реакции полимеризации. Катализаторы Циглера-Натта.

Галогенопроизводные углеводородов алифатического ряда

Галогеналканы. Получение галогеноалканов из алканов, спиртов, непредельных углеводородов. Электронное строение.

Реакции нуклеофильного замещения: гидролиз, алкоголиз, аммонолиз, замена одного атома галогена на другой, взаимодействие с цианидами и нитритами. Нуклеофилы. Основность и нуклеофильность реагента. Обобщенный механизм бимолекулярного нук-

леофильного замещения. Стереохимия процесса. Обобщенный механизм мономолекулярного нуклеофильного замещения. Стереохимия процесса.

Реакции элиминирования: дегидрогалогенирование. Правило Зайцева. Механизм бимолекулярного отщепления. Конкуренция с реакциями бимолекулярного нуклеофильного замещения. Механизм мономолекулярного отщепления. Конкуренция с реакциями мономолекулярного нуклеофильного замещения.

Влияние структуры субстрата, природы нуклеофила, растворителей и катализаторов, природы уходящей группы на механизм и скорость нуклеофильного замещения и элиминирования.

Радикальные реакции: образование литийорганических соединений, образование реактивов Гриньяра, реакция Вюрца, восстановление йодалканов йодоводородом. Использование реактивов Гриньяра в органическом синтезе.

Одноатомные спирты. Классификация, номенклатура, изомерия. Физические свойства. Способы получения: гидролиз галогеналканов, гидратация алкенов, восстановление альдегидов, кетонов или карбоновых кислот, с использованием реактивов Гриньяра. Получение этанола из глюкозы. Получение метанола из синтез-газа.

Электронное строение спиртов. Реакции нуклеофильного замещения: межмолекулярная дегидратация, взаимодействие с галогеноводородами, с тионилхлоридом, с аммиаком. Механизм межмолекулярной дегидратации этанола.

Реакции элиминирования: внутримолекулярная дегидратация спиртов. Механизм внутримолекулярной дегидратации трет-бутанола. Кислотно-основные свойства спиртов.

Образование сложных эфиров. Реакции окисления первичных, вторичных и третичных спиртов. Восстановление спиртов.

Двухатомные спирты. Классификация и номенклатура. Кислотные свойства. Особенности химических превращений: взаимодействие с йодной кислотой, с гидроксидом меди (II), межмолекулярная и внутримолекулярная дегидратация. Секстетные перегруппировки: механизм пинаколиновой перегруппировки.

Глицерин. Получение. Окисление глицерина. Эфиры глицерина и органических и неорганических кислот.

Простые эфиры. Методы получения: реакция Вильямсона, алкоксимеркурирование алкенов, межмолекулярная дегидратация спиртов. Свойства простых эфиров: образование оксониевых солей, расщепление кислотами. Гидропероксиды. Краун-эфиры. Получение и применение в синтетической практике.

Оксираны. Способы получения. Раскрытие цикла в них под действием электрофильных и нуклеофильных агентов.

Тиоспирты. Тиоэфиры. Особенности строения, получение, свойства. Сравнение кислотных и основных свойств тиолов и тиоэфиров со свойствами простых эфиров и спиртов.

Алициклические углеводороды. Классификация и номенклатура. Пространственное строение и изомерия циклоалканов (циклопропан, циклобутан, циклопентан, циклогексан). Напряжение, его виды.

Основные методы синтеза алициклов: действие цинковой пыли на спиртовый раствор 1,3-дибромпропана, взаимодействие 1,2-дибромэтана с малоновым эфиром, взаимодействие 1,3-дибромпропана с малоновым эфиром, присоединение карбена и дигалокарбенов к алкенам, циклизация 1,4- или 1,5-дигалогенопроизводных, реакция Дильса-Альдера, димеризация и олигомеризация сопряжённых диенов, конденсация Дикмана, каталитическое гидрирование ароматических соединений.

Особенности химических превращений трех- и четырехчленных циклов: каталитическое реакции присоединения с раскрытием цикла (гидрирование, гидрогалогенирование, бромирование, хлорирование), реакции замещения с сохранением структуры трехчленного кольца (хлорированиие). Реакции изомеризации цикла.

III Углеводороды ароматического ряда и их производные

Бензол и его гомологи. Классическое описание строения. Понятие ароматичности, правило Хюккеля. Физические свойства бензола и алкилбензолов.

Способы получения: ароматизация алканов и циклоалканов, диспропорционирование непредельных циклических углеводородов, циклотриимеризация ацетилена и алкинов, ароматизация метана, декарбоксилирование бензойной кислоты, нагревание солей бензойной кислоты со щелочью, реакция Вюрца-Фиттига, реакция Вюрца-Гриньяра, алкилирование бензола и его гомологов, восстановление арилкетонов.

Реакции электрофильного замещения. Реакции нитрования и галогенированиия. Механизм реакции нитрования и галогенирования. Образование электрофильной частицы. Реакции сульфирования. Механизм реакции сульфирования SO_3. Образование электрофильной частицы. Побочные реакции в процессах сульфирования: образование сульфонов, окисление субстрата, гидролиз арилсульфокислот.

Реакции алкилирования галогеналканами, спиртами и алкенами. Механизм реакции алкилирования галогеналканами и алкенами.

Реакции ацилирования: галогенангидридами карбоновых кислот, формилирование по Гаттерману-Коху, ацилирование с помощью фосгена, галогенметилирование. Механизм реакции ацилирования галогенангидридами карбоновых кислот. Образование электрофильной частицы.

Реакции присоединения: гидрирование, восстановление по Берчу, хлорирование. Фотохимическая изомеризация бензола. Реакции окисления: кислородом воздуха в присутствии оксида ванадия (V), озонолиз.

Электронное строение толуола. Реакции электрофильного замещения в алкилбензолах: хлорирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование.

Реакции боковых цепей: радикальное замещение (галогенирование), дегидрирование и окисление. Строение радикалов бензильного типа.

Электронное строение стирола. Особенности химических свойств стирола: электрофильное присоединение (галогенирование), радикальное присоединение (галогенирование в присутствии пероксидов), окисление. Строение катионов бензильного типа.

Правила ориентации при электрофильном замещении в бензольном ядре. Влияние устойчивости интермедиата на соотношение продуктов о-, м-, п-замещения. Заместители 1 и 2 рода.

Арилгалогениды. Классификация и номенклатура. Физические свойства арилгалогенидов. Электронное строение. Способы получения фтор-, хлор-, бром- и йодбензолов: галогенирование ароматических углеводородов, нуклеофильное замещение одних атомов галогена на другие, замена первичной аминогруппы в ароматическом кольце.

Реакции электрофильного замещения в ряду арилгалогенидов: нитрование, сульфирование, галогенирование. Реагенты и используемые катализаторы. Взаимодействие с металлами арилгалогенидов.

Нуклеофильное замещение в ароматическом кольце арилгалогенидов. Ариновый механизм нуклеофильного замещения в ароматическом ряду. Дегидробензол.

Галогенарены с атомом галогена в боковой цепи. Способы получения галогенаренов с атомом галогена в боковой цепи: галогенирование в боковую цепь, реакция галогенметилирования. Электронное строение. Особенности реакций галогенаренов с атомом галогена в боковой цепи: реакции электрофильного замещения, реакции нуклеофильного замещения атома галогена в боковой цепи.

Фенолы. Химические свойства: кислотно-основные свойства, реакции нуклеофильного замещения (О-алкилирование и ацилирование фенолов), нуклеофильное замещения гидроксогруппы в фенолах, окисление и восстановление фенолов.

Фенолы. Особенности реакций электрофильного замещения в фенолах (галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, ацилирование)

Ароматические спирты. Номенклатура ароматических спиртов. Способы получения: гидролиз галогенпроизводных углеводородов, металлорганический синтез, восста-

новление карбонильных соединений. Электронное строение бензилового спирта. Сопоставление кислотно-основных свойств фенолов и спиртов. Особенности свойств ароматических спиртов.

Ароматические сульфокислоты. Номенклатура. Электронное строение. Физические свойства. Способы получения: сульфирование ароматических соединений, гидролиз аренсульфохлоридов. Кислотные свойства ароматических сульфокислот. Строение аренсульфонатного аниона.

Реакции электрофильного замещения атома водорода в бензольном кольце (сульфирование), реакции электрофильного замещения сульфогруппы в ароматическом кольце (гидролиз аренсульфокислот, замещение на нитрогруппу, замещение на галоген, на цианогруппу и на тиольную группу), нуклеофильное замещение в сульфогруппе (образование галогенангидридов). Реакции восстановления ароматических сульфокислот.

Производные сульфокислот: аренсульфохлориды, эфиры аренсульфокислот, аренсульфамиды. Способы получение и особенности химических превращений.

Ароматические нитросоединения. Классификация и номенклатура. Физические свойства нитросоединений. Электронное строение нитробензола. Способы получения: прямое нитрование, окисление ариламинов, замена первичной аминогруппы в бензольном кольце,

Особенности химических свойств ароматических нитросоединений: реакции электрофильного замещения (нитрование, сульфирование, галогенирование), реакции нуклеофильного замещения (замещение на гидроксогруппу, на алкоксигруппу, на аминогруппу, на алкилтиольную группу).

Восстановление нитросоединений. Условия реакций, продукты. Комплексообразование нитросоединений. Особенности нитросоединениий с нитрогруппой в боковой цепи (кислотные свойства, таутомерные превращения нитросоединений). Получение нитросоединений с нитрогруппой в боковой цепи: прямое нитрование, нуклеофильное замещение атома галогена в боковой цепи.

IY Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты

Карбонильные соединения. Номенклатура и изомерия. Физические свойства. Способы получения: гидролиз геминальных дигалогеналканов, окисление одноатомных спиртов и альфа-гликолей, секстетные перегруппировки альфа-гликолей, гидратация ацетиленовых углеводородов, озонолиз этиленовых углеводородов, гидроформилирование алкенов, восстановление хлорангидридов карбоновых кислот, пиролиз бариевых или кальциевых солей карбоновых кислот.

Электронное строение карбонильных соединений. Реакции нуклеофильного присоединения к альдегидам и кетонам. Обобщенный механизм реакции. Кислотный и основный катализ реакций нуклеофильного присоединения. Факторы определяющие реакционную способность альдегидов и кетонов: электронный и пространственный. Гидратация, присоединение спиртов, синильной кислоты, гидросульфита натрия. Механизм гидратации формальдегида и ацетона. Используемые катализаторы. Присоеднение азотсодержащих нуклеофилов (аминов, гидразина и замещѐнных гидразинов, гидроксиламином), взаимодействие с реактивами Гриньяра. Механизм присоединения метиламина к формальдегиду.

Альдольная и кротоновая конденсации карбонильных соединений. Механизмы, используемые катализаторы.

Реакции затрагивающие альфа-метиленовую группу: галогенирование в кислой и основой среде. Олиго- и полимеризация альдегидов.

Взаимодействие с пентахлоридом фосфора, присоединение ацетилена и его металлических производных.

Реакции окисления: взаимодействие альдегидов с гидроксидом диамминсеребра, гидроксидом меди (II), окисление диоксидом селена и хромовой смесью.

Восстановление гидридами металлов, металлическим натрием, амальгамой цинка в

соляной кислоте, каталитическое гидрирование, диспрорционирование. Кето-енольная таутомерия уксусного альдегида.

Ароматические альдегиды и кетоны. Изомерия и номенклатура. Строение бензальдегида. Способы получения: гидролиз α,α-дигалогенаренов, окисление первичных и вторичных спиртов, восстановлением хлорангидридов карбоновых кислот, пиролиз карбоновых кислот или их кальциевых или бариевых солей, окисление аренов, формилирование и ацилирование аренов.

Особенности химических свойств: реакции нуклеофильного присоединения (присоединение воды, спиртов, синильной кислоты, гидросульфита натрия, аммиака и его производных, реактивов Гриньяра), реакции диспропорционирования, реакции электрофильного замещения (нитрование, сульфирование, галогенирование).

Карбоновые кислоты. Номенклатура и изомерия. Физические свойства. Способы получения: окислением одноатомных спиртов, окислением альдегидов и кетонов, окислением непредельных углеводородов, гидролизом геминальных тригалогеналканов, гидролизом ацильных производных (галогенангидридов, ангидридов, сложных эфиров, амидов), карбоксилирование реактивов Гриньяра или литийорганических соединений.

Электронной строение. Кислотно-основные свойства.

Реакции нуклеофильного замещения у sp^2-гибридного атома углерода: превращение карбоновых кислот в галогенангидриды, ангидриды, сложные эфиры и амиды. Механизм взаимодействия уксусной кислоты с этанолом.

Реакции с участием α-водородных атомов: бромирование в присутствии красного фосфора. Механизм реакции.

Декарбоксилирование карбоновых кислот и их солей: сплавление солей карбоновых, кислот со щелочами, пиролиз бариевых или кальциевых солей карбоновых кислот, декарбоксилирование серебряных солей карбоновых кислот при обработке их хлором или бромом.

Ароматические карбоновые кислоты и их производные. Классификация и номенклатура. Сроение бензойной кислоты. Способы получения: окисление спиртов, альдегидов, кетонов, гидролиз α,α,α-тригалогенаренов, металлорганический синтез (карбоксилирование реактивов Гриньяра). Гидролиз (гидратация) нитрилов, окисление аренов кислородом в присутствии катализаторов (соли кобальта и марганца) или обычными неорганическими окислителями (перманганаты, дихроматы), ацилирование аренов с помощью фосгена)

Химические свойства: кислотные свойства, реакции в ацильной группе, реакции электрофильного замещения (нитрование, сульфирование, галогенирование).

Сложные эфиры карбоновых кислот. Электронное строение. Превращение сложных эфиров в кислоты, другие сложные эфиры, амиды, кетоны. Механизм кислотного и щелочного гидролиза этилацетата. Сложноэфирная конденсация Кляйзена. Механизм реакции. Восстановление сложных эфиров по Буво-Блану. Жиры.

Амиды карбоновых кислот. Электронное строение. Кислотно-основные свойства. Превращение амидов в кислоты. Расщепление амидов по Гофману. Дегидратация амидов.

Нитрилы. Нуклеофильное присоединение к нитрилам: присоединения воды, спиртов, хлороводорода.

Двухосновные карбоновые кислоты. Номенклатура и изомерия. Способы получения двухосновных кислот: окисление спиртов, альдегидов, кетонов, гидролиз ацильных производных, гидратация нитрилов, карбоксилирование реактивов Гриньяра или литийорганических соединений, электролиз щелочных растворов моноэфиров дикарбоновых кислот, карбонилирование спиртов, синтез Конрада, щелочное плавление формиата натрия, дегидрирование формиата натрия, окисление бензола на ванадиевом катализаторе.

Особенности химического поведения: кислотность, отношение к нагреванию. Свойства циклических ангидридов: взаимодействие со спиртами и аммиаком. Свойства имидов двухосновных кислот: взаимодействие со щелочами и с бромом.

Конденсация малоновой кислоты с альдегидами. Малоновый эфир. Электронное строение. Образование натриймалонового эфира. Использование малонового эфира в органическом синтезе: синтез монокарбоновых кислот, синтез дикарбоновых кислот (с использованием двух молей малонового эфира и дигалогенопроизводного, с использованием одного моля малонового эфира и эфира α-галогенкарбоновой кислоты, с использованием двух моль малонового эфира и молекулярного йода).

Гидроксикислоты. Классификация и номенклатура. Способы получения: замещение галогена в α-галогенозамещённых кислотах, циангиидринный метод, реакция Реформатского, гидратация α, β-ненасыщенных кислот, восстановление оксокарбоновых кислот, замещение галогена в галогенокарбоновых кислотах. Особенности химических превращений: кислотность, свойства карбоновых кислот и спиртов, отношение к нагреванию.

Оксокислоты. Классификация и номенклатура. Способы получения: гидролиз α, α –дигалогенозамещённых карбоновых кислот, гидролиз α -оксонитрилов, пиролиз винных кислот, конденсация Кляйзена, из ацетоуксусного эфира, окислением соответствующих гидроксикислот.

Особенности химических превращений: декарбоксилирование при нагревании α - и β-оксокислот, декарбонилирование α -оксокислот, взаимодействие α -ксокислот с концентрированным раствором щелочи.

Ацетоуксусный эфир. Электронное строение. Кето-енольная таутомерия. Получение аниона натрийацетоуксусного эфира. Применение ацетоуксусного эфира в органическом синтезе: Синтез монокарбоновых кислот и монокетонов, синтез оксокарбоновых кислот, синтез дикарбоновых кислот и дикетонов (с использованием двух моль ацетоуксусного эфира и дигалогеноалкана, с использованием двух моль ацетоуксусного эфира и молекулярного йода, с использованием конденсации двух молей ацетоуксусного эфира с молекулой альдегида).

Y Азотсодержащие органические соединения

Амины алифатического ряда. Классификация, номенклатура и изомерия. Физические свойства. Способы получения: аммонолиз галогеналканов, алкилирование аммиака спиртами, восстановление нитросоединений, расщеплением амидов по Гофману, синтез Габриеля и взаимодействие первичным аминов с аренсульфохлоридами.

Электронное строение. Кислотно-основные свойства. Нуклеофильность аминов: алкилирование аминов по Гофману, реакции с производными карболовых кислот, с альдегидами и кетонами, с ацетиленовыми углеводородами. Механизм алкилирования аммиака бромметаном.

Расщепление солей аммония. Реакции с азотистой кислотой первичных, вторичных и третичных аминов. Изонитрильная реакция. Окисление аминов.

Ароматические амины. Классификация, номенклатура и изомерия. Способы получения: восстановление нитросоединений, аминирование арилгалогенидов, перегруппировка амидов по Гофману, реакции алкилирования и арилирования первичных аминов, восстановление основаниий Шиффа.

Строение анилина.

Химические свойства ароматических аминов: кислотно-основные свойства, нуклеофильные свойства (алкилирование, арилирование и ацилирование), образование оснований Шиффа, взаимодействие с азотистой кислотой.

Реакции электрофильного замещения (галогенирование, нитрование, сульфирование), реакции окисления аминов (окисление сильными окислителями, перманганатом калия, пероксисерной кислотой).

Ароматические диазосоединения. Классификация в зависимости от кислотности среды. Номенклатура диазососединений. Механизм образования солей арендиазония и строение катиона бензолдиазония. Амфотерность диазосоединений.

Реакции солей арендиазония с выделением азота: нуклеофильное замещениие диазогруппы (на фтор, хлор, гидроксогруппу), радикальное замещение диазогруппы (на I,

SCN, N_3), восстановление (фосфорноватистой кислотой, этанолом).

Реакции солей арендиазония без выделения азота, реакции азосочетания (с фенолами, с ароматическими аминами, с аренами).

Аминокислоты, пептиды и белки. Номенклатура аминокислот. Природные аминокислоты. Хиральность аминокислот, образующих протеины. Кислотно-основные амфотерные свойства природных аминокислот.

Синтезы а-аминокислот и разделение рацемических форм. Номенклатура пептидов. Основные принципы синтеза полипептидов; защита аминогруппы и активация карбоксильной группы. Твердофазный синтез пептидов.

Общие принципы определения строения пептидов и белков. Первичная, вторичная и третичная структура белков. Понятие о ферментах и ферментативном катализе.

YI Углеводы

Моносахариды и полисахариды. Классификация и стереохимия моносахаридов. Альдозы (альдотреозы, альдопентозы, альдогексозы) и кетозы. Стереохимия альдоз и кетоз в проекциях Фишера. Циклические полуацетали альдогексоз - глюкопиранозы и глюкофуранозы. a - и b -Аномеры. Формулы Хеуорса для аномерных моносахаридов. Таутомерия циклических и открытых форм в растворах моносахаридов, мутаротация глюкозы, конформации пиранозного цикла.

Реакции моносахаридов. Получение гликозидов, как особой формы циклических ацеталей. Синтез простых и сложных эфиров моносахаридов. Окисление альдоз до альдоновых кислот, лактонизация альдоновых кислот. Исчерпывающее окисление моносахаридов иодной кислотой. Образование озазонов при взаимодействии с фенилгидразином. Синтез моносахаридов по Килиани-Фишеру и деградация по Волю-Руффу.

Дисахариды (биозы): мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Полисахариды - целлюлоза и крахмал.

YII Гетероциклические соединения

Классификация гетероциклов. Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Фуран, тиофен, пиррол. Синтез 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр), взаимные переходы (реакция Юрьева). Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Ориентация электрофильного замещения.

Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом.

Пиридин. Синтез пиридина. Пиридин как основание. Реакции пиридина. Окисление и восстановление пиридина. Реакции электрофильного замещения в пиридине: нитрование, сульфирование, галогенирование. N-Окись пиридина и её использование в реакции нитрования. Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине и хинолине в реакциях с амидом натрия (Чичибабин) и фениллитием.

YIII Современные физико-химические методы анализа органических веществ. Хроматография, ИК-спектроскопия.

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Одна из целей данной программы - помочь студентам отделить обязательный материал от второстепенного при самостоятельной работе с конспектом или учебником. Несмотря на широчайшее распространение современных методов обучения и доступность разнообразного учебного материала в учебниках и в Интернете, только самостоятельная, упорная, если не сказать тяжёлая работа по конспектированию (лекций, учебников, других материалов), самостоятельное написание важнейших уравнений и механизмов, и самостоятельное решение синтетических задач способно привести к успеху в изучении органической химии. Прослушивание курса лекций создаёт основу для изучения органической химии и охватывает все темы, выносимые на экзамен. Однако, прослушанные лекции, равно как и прочитанные учебники остаются пассивным знанием до тех пор, пока не произойдёт

закрепление материала при подготовке к лабораторным работам, при написании тестов, контрольных работ и анализе ошибок. То, что легко достаётся – легко теряется или забывается, причём это справедливо не только по отношению к курсу органической химии.

Рабочей программой дисциплины «Органическая химия» предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 144 часов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к лабораторным работам и курсовой работе;
- работу с Интернет - источниками;
- выполнению тестовых заданий, написании контрольных работи сдаче экзаменов.

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

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет- ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как общие поисковые системы: www.rambler.ru, www.yandex.ru, www.google.ru, www.yahoo.ru; специальные поисковые системы: http://www.chem.msu.su/ rus/elibrary/,http://www.chemnavigator.hotbox.ru/.

Студент должен освоить, прежде всего, «грамматику» органической химии: познакомиться с классификацией и номенклатурой органических соединений, получить начальные знания о пространственном и электронном строении соединений с ковалентной связью, о типах разрыва ковалентных связей и классификации органических реакций. Он **должен понять**основные принципы теории электронных смещений, основанной на индуктивном и мезомерном эффектах различных группировок. Все эти знания он должен получить, изучая раздел **«Теоретические основы органической химии»**, где они изложены на примере простейших реакций между кислотами и основаниями. Кислотно-основные реакции избраны для этой цели неслучайно. Согласно современным представлениям о природе кислот и оснований, подавляющее большинство органических реакций включает кислотно-основные взаимодействия, по крайней мере, в качестве отдельных стадий.

Вторая часть посвящена химии отдельных классов соединений. Избранная последовательность классов такова, что позволяет постепенно знакомиться с новыми реакциями, понятиями и концепциями органической химии с максимальным соблюдением принципа «от простого к сложному». По этой причине в первых главах излагаются **химия углеводородов и методы введения в их молекулы различных функциональных групп**.

После изучения ациклических алифатическихуглеводородов основное внимание уделено **методам трансформации функциональных групп**, рассмотрена химия галогенпроизводных, металлоорганических и элементоорганических соединений, спиртов, альдегидов и кетонов, карбоновых кислот и их производных, аминов и солей диазония. Заканчивается изучение многообразия органических соединений рассмотрением химии некоторых гетероциклических соединений и важнейших биоорганических субстратов - углеводов, белков и нуклеиновых кислот.

Изучение органических соединений проводится по следующему плану.

«Номенклатура». Приводятся примеры названий наиболее типичных представителей данного класса. Предпочтение отдается систематической номенклатуре ИЮПАК.

Вместе с тем упоминаются и традиционно применяемые тривиальные названия, а также названия по радикально-функциональной номенклатуре. То же относится и к названиям соединений в схемах органических реакций.

«Способы получения». Рассматриваются методы, наиболее широко применяемые в производстве и в препаративных лабораторных синтезах. Реакции, составляющие основу этих методов, подробно рассматриваются в разделах «Реакции» соответствующих классов.

«Физические свойства и строение». Как правило, подробно обсуждается строение простейшего представителя соответствующего класса. Обсуждение ведется как в терминах электронных эффектов и теории резонанса, так и в рамках теории молекулярных орбиталей. Эти данные позволяют оценить поведение соответствующих соединений в простейших одноэлектронных реакциях.

«Реакции». Рассматриваются сведения о наиболее важных химических превращениях соединений данного класса.

«Наиболее важные представители». Анализируются данные о промышленном производстве, физических свойствах и практическом применении наиболее важных соединений соответствующего класса.

Практикум по органической химии предлагает возможность на практике закрепить полученные теоретические знания и химическим путём познать строение и свойства органических веществ. К выполнению практикума следует приступать после освоения теоретического материала.

Чтобы в полной мере представить процесс становления современной органической химии в исторической ретроспективе, **рекомендуется обращать внимание на химиков - авторов открытия тех или иных органических реакций.** При этом тот факт, что значительное число указанных реакций изучено многие годы тому назад, не должен вводить в заблуждение. Мысль о том, что формирование органической химии как науки давно завершено и все органические реакции уже открыты, неверна. Современная органическая химия - одна из наиболее динамично развивающихся химических дисциплин. Ежегодно исследователи открывают сотни новых органических реакций, синтезируют десятки тысяч новых соединений. Этот поток новой информации, несомненно, требует постоянного совершенствования теоретических подходов, как в оценках реакционной способности органических соединений, так и в стратегии органического синтеза.

Прежде чем приступить к выполнению заданий для самоконтроля, студентам необходимо изучить рекомендуемую по каждой теме литературу. Общий список учебной, учебно-методической и научной литературы представлен в отдельном разделе пособия. Кроме того, в лекционном курсе по каждой теме указана основная и дополнительная литература.

Рекомендации к изучению отдельных тем курса:

При изучении темы «Основы номенклатуры органических соединений» особое внимание следует обратить на заместительную номенклатуру (ИЮПАК). Знать основные принципы построения названий органических соединений, понятия родоначальная структура, характеристические группы, заместитель, радикал. Названия основных классов органических соединений, сложных поли - и гетерофункциональных соединений.

При изучении темы «Типы связей, промежуточные частицы в органических реакциях. Электронные эффекты» особое внимание следует обратить на характер разрыва связей в органических соединениях, промежуточных частицы, (радикалы, карбокатионы, карбанионы), а также электронные эффекты заместителей (индуктивный, мезомерный) и их влияние на устойчивость радикалов, карбокатионов и карбанионов.

При изучении темы «Кислоты и основания» следует обратить внимание на кислоты и основания Бренстеда и Льюиса, сопряженные кислоты и основания. Усвоить принцип Пирсона.

При изучении темы «Стереохимия» особое внимание следует обратить на способы

изображения пространственного строения молекул с sp^3-гибридизованными углеродом: клиновидные проекции, "лесопильные козлы", проекции Ньюмена. Усвоить понятия «конформации», «конформеры», асимметрический атом углерода, отличие конформаций от конфигураций, принцип R,S-номенклатуры энантиомеров, проекции Фишера, изображение молекулы данного соединения с помощью различных проекционных формул,переход от одной проекционной формулы молекулы к другой.

Изучение следующих разделов (важнейших классов органических соединений) предполагает знание:

1) названий наиболее типичных представителей данного класса (предпочтение отдается систематической номенклатуре ИЮПАК),

2) методов синтеза, наиболее широко применяемых в производстве и в лабораториях,

3) строение простейшего представителя соответствующего класса (как в терминах электронных эффектов и теории резонанса, так и в рамках теории молекулярных орбиталей),

4) наиболее важные химические превращения соединений данного класса, основные механизмы реакций,

5) сведения о промышленном производстве, физических свойствах и практическом применении наиболее важных соединений соответствующего класса.

Разъяснения по поводу работы с тестовой системойкурса.

После изучения основных разделов Вам предлагаются задачи, на основании которых составляются варианты контрольных работ, предусмотренные программой. В пособие включены тестовые задания для проверки остаточных знаний по предмету (такая проверка проходит на четвёртом курсе в седьмом семестре).

Тест состоит из частей А (с выбором ответа), В (задания на соответствие, либо несколько правильных ответов), С (Вы должны дать развёрнутый ответ самостоятельно).

Каждый тест оценивается по 40- бальной шкале (часть А-1 балл, часть В-2 балла, часть С-3 балла).

Тема считается освоенной, если Вы дали не менее50% правильных ответов.

Советы по подготовке к экзамену и зачету:

При подготовке к экзамену и зачету особое внимание следует обратить на следующие моменты:

1. Теоретический материал следует повторить в порядке, предусмотренном программой, обращая особое внимание на генетическую связь между различными классами органических соединений.

2. Выполнить все рекомендуемые практические задания.

Опыт приема экзамена и зачета выявил, что наибольшие трудности при проведении экзамена и зачета возникают по следующим разделам:

- Стереохимия. Оптическая изомерия. Абсолютная конфигурация.
- Электронное строение органических соединений. Взаимное влияние атомов в молекуле. Интерпретация с позиций электронной теории.
- Механизмы реакций.

Для того чтобы избежать трудностей при ответах по вышеназванным разделам, рекомендуем:

1) систематически готовиться к занятиям,

2) не ограничиваться заучиванием текста, а искать причинно-следственные связи,

3) подкреплять теоретические знания решением задач.

Рекомендации по работе с литературой:

При изучении дисциплины особое внимание следует обратить на следующие литературные источники:

1. Иванов, В. Г. Органическая химия: учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева. – 4-е изд., испр. – М.: Издательский

центр «Академия», 2008. – 624 с.

2. Травень, В. Ф. Органическая химия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Химическая технология и биотехнология» / В. Ф. Травень. - М.: ИКЦ Академкнига, 2005. - Т. 1. – 727 с.

3. Травень, В. Ф. Органическая химия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Химическая технология и биотехнология» / В. Ф. Травень. - М.: ИКЦ Академкнига, 2005. - Т. 2. – 582 с.

Рекомендации по написанию курсовой работы

Курсовая работа – одна из обязательных форм учебно-исследовательской работы студента, выполняемая в пределах часов, отводимых на самостоятельное изучение дисциплины в соответствии с ФГОС ВО. Курсовая работа выполняется в соответствии с Положением о курсовой работе (проекте) в ФГБОУ ВО «БГПУ».

1. Прежде чем приступить к написанию работы следует наметить приблизительный план расположения материала.

2. Работа должна иметь: титульный лист, оглавление, введение, обзор литературы по затрагиваемым вопросам, изложение и обсуждение результатов работы, описание эксперимента, выводы, список литературы и, в некоторых случаях, приложения.

3. Что касается оформления титульного листа, списка литературы, описания эксперимента, то они должны быть выдержаны в строгом соответствии с нормами, принятыми в положении о порядке написания курсовых работ. Большое внимание должно быть уделено литературной грамотности, четкости и выразительности таблиц, графиков и схем.

4. Титульный лист, введение и выводы обычнее целесообразнее писать после того, как вся работа уже написана и есть возможность оценить ее в целом. Описание эксперимента надо готовить по частям, по мере его выполнения. Наличие такого рода "заготовок" хорошо отредактированных, сильно упрощает работу. Весьма желательно также, чтобы и обзор литературы был вчерне написан задолго до окончания эксперимента.

5. Курсовая работа является официальным документом, поэтому ее титульный лист должен быть оформлен в соответствии с требованиями.

7. Оглавление работы в первом варианте делается в самом начале, так как оно должно отражать структуру работы, выявлять логические взаимосвязи отдельных частей. Иногда удобно план сделать в виде оглавления. Окончательное оглавление составляется в самом конце работы.

7. Введение должно кратко излагать цель и задачи, сущность работы, а также основные пути ее выполнения. Именно здесь следует указать на теоретическую или практическую значимость работы. Необходимо также подчеркнуть, если работа или часть ее завершена и направлена в печать /или может быть уже опубликована/.

Во введении излагаются не выводы, а, главным образом, значимость работы. Иногда полезно здесь объяснить расположение материала в Вашей работе.

8. Необходимо скрупулезно точно оговаривать в работе, какие из используемых данных получены лично Вами, и указать фамилию исполнителя.

9. Выводы должны быть краткими, понятными и обещающими. Каждое отдельное положение должно быть занумеровано.

10. В конце работы в виде приложений бывает полезно поместить таблицы, чертежи, кривые, спектры.

11. Титульный лист, оглавление не нумеруются. Нумерация производится с первой страницы введения. Эта страница получает номер 3.

12. При составлении литературного обзора следует обращать особое внимание на исчерпывающий подбор литературы, хотя бы по сравнительно узкому вопросу.

13. В большинстве случаев следует располагать материал не просто в исторической последовательности, а на основании химической логики, критически осмысливая данные и взгляды различных авторов. Не следует сравнивать без должного учета времени данные, полученные в прошлом веке и в наши дни.

14. Литературный обзор не должен быть формальной сводкой литературы. Необходимо проанализировать литературные данные, показать свое отношение к ним, может быть наметить некоторые пути выяснения темных участков. Роль того или иного автора, работавшего в данной области, так же должна быть продумана. Не каждую фамилию следует даже и упоминать в тексте - достаточно того, что она будет в списке литературы.

15. Излагая существо собственной работы, старайтесь четко показать, что сделано, как сделано, какие выводы следуют как из полученных данных, так и при сопоставлении их с литературным материалом. Надо внимательно следить за тем, чтобы свой материал не смешивался у читающего с литературным, то есть читающему должно быть ясно, что нового дала работа. В этом разделе меньше всего места для шаблона. Каждая работа должна быть изложена своим особым способом. Дело автора найти наиболее удачный вариант.

16. В тексте, в соответствующих местах, должны быть даны отсылки к таблицам или другому иллюстративному материалу.

Если в работе много иллюстративного материала, то целесообразно бывает составить отдельный указатель таблиц или рисунков. Каждая таблица, график или рисунок /спектр/ должны иметь не только номер, но и название /подпись/.

17. Курсовая работа должна свидетельствовать об умении автора точно пользоваться научной терминологией.

18. Экспериментальная часть должна начинаться описанием используемых приборов и методов исследования. Так, при описании метода спектрофотометрии испектрофотометра необходимо указать марку прибора, условия записи спектра (растворитель), размеры кюветы, толщину поглощающего слоя, концентрацию для растворов.

19. Оригинальный эксперимент должен быть описан по возможности подробно.

20. Список литературы должен быть оформлен в порядке упоминания источников в тексте, где они отмечается арабскими цифрами, заключенными в квадратные скобки. Ссылки на иностранные источники приводятся на языке оригинала. На неопубликованные материалы ссылки не допускаются. Не следует под одним номером давать ссылки на несколько работ.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование раздела (темы)	Формы/виды самостоятельной работы	Количество часов, в соответствии с учебно-тематическим планом
1.	Теоретические основы органической химии	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Решение задач	18
2.	Углеводороды алифатического ряда и их роизводные	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Решение задач	26
3.	Углеводороды ароматического ряда и их производные	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Решение задач	14
4.	Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы	18

		Конспектирование изученных источников Оформление лабораторной работы Решение задач	
5.	Азотсодержащие органические соединения	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников Оформление лабораторной работы Решение задач Сбор материала для выполнения курсовой работы. Подготовка текста курсовой работы.	12
6.	Углеводы	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников Оформление лабораторной работы Решение задач Сбор материала для выполнения курсовой работы. Подготовка текста курсовой работы.	10
7.	Гетероциклические соединения	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников Решение задач Сбор материала для выполнения курсовой работы. Подготовка текста курсовой работы.	10
8.	Современные физико-химические методы анализа органических веществ	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников Сбор материала для выполнения курсовой работы. Подготовка текста курсовой работы.	8
	ИТОГО		116

5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

План лабораторных занятий

№ п/п	Тема занятия	Тема лабораторной работы	Всего часов
		5 семестр	
1.	Теоретические основы органической химии	Техника безопасности при работе в лаборатории органической химии. Правила ведения лабораторного журнала.	4
2.	Методы выделения и очистки органических соединений	Методы выделения и очистки органических соединений	4
3.	Определение температуры плавления, температуры кипения и показателя преломления веществ	Определение температуры плавления, температуры кипения и показателя преломления веществ	4
4.	Качественный элементный анализ органических соединений	Качественный элементный анализ органических соединений	4
5.	Алканы	Алканы	4
6.	Алкены	Алкены	4
7.	Алкины	Алкины	4
8.	Галогенопроизводные алифатических углеводородов	Галогенопроизводные алифатических углеводородов	4
9.	Спирты и простые эфиры	Одноатомные спирты	4
10.	Многоатомные спирты	Многоатомные спирты, простые эфиры,	4

		сложные эфиры минеральных кислот	
11.	Ароматические углеводороды	Ароматические углеводороды	4
12.	Ароматические углеводороды сконденсированными бензольными ядрами	Ароматические углеводороды сконденсированными бензольными ядрами	
13.	Фенолы	Фенолы	4
		6 семестр	
14	Альдегиды и кетоны	Альдегиды и кетоны	4
15	Монокарбоновые кислоты и их производные	Монокарбоновые кислоты	4
15	Дикарбоновые кислоты	Дикарбоновые кислоты	4
17	Непредельные, гидрокси- и оксокарбоновые кислоты	Непредельные кислоты и жиры	4
18	Гидроксикислоты	Гидроксикислоты	4
19	Амины	Амины	4
20	Диазо - и азосоединения	Диазо - и азосоединения	4
21	Аминокислоты, пептиды и белки	Аминокислоты	4
22	Моносахариды	Моносахариды	4
23	Полисахариды	Дисахариды	4
24	Полисахариды	Полисахариды	4
25	Современные физико-химические методы анализа органических веществ	Хроматография	4
26	Современные физико-химические методы анализа органических веществ	Изучение биологических материалов методом ИК-спектроскопии	4
	ИТОГО		**104**

Лабораторная работа №1
Техника безопасности при работе в лаборатории органической химии. Правила ведения лабораторного журнала.
Общие правила.

Работа в химической лаборатории связана с некоторой опасностью, поскольку многие вещества в той или иной степени ядовиты, огнеопасны и взрывоопасны.

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

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.

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

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

5. Нельзя приступать к работе, не усвоив всей техники 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. Вещества в лаборатории нельзя пробовать на вкус. Нюхать вещества можно, лишь осторожно направляя на себя пары или газы легким движением руки, не наклоняясь к сосуду и не вдыхая полной грудью.

9. На всех банках, склянках и другой посуде, где хранятся реактивы, должны быть этикетки 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 бутыли.

15. В каждой лаборатории обязательно должны быть защитные маски, очки, противогазы, респираторы.

16. 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 с сжиженным углекислым газом).

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

Правила работы с кислотами и щелочами

1. Все работы с кислотами и щелочами необходимо проводить в защитных очках или масках. Попадание кислот и щелочей на кожу и глаза может привести к тяжелейшим поражениям.

2. Кислоты и щелочи нельзя затягивать ртом в сифоны и пипетки.

3. Разбавлять серную кислоту можно, только добавляя ее к воде в жаростойкой посуде, а не наоборот. При этом глаза должны быть защищены очками.

4. Растворение гидроксидов натрия и калия проводить только в защитных очках, прибавляя к воде небольшие порции щелочи. Куски щелочи можно брать только щипцами, а не руками.

5. Запрещается применять серную кислоту в вакуумэксикаторах в качестве водопоглощающего средства, так как в случае взрыва эксикатора вылившаяся из него кислота может попасть на работающего и вызвать сильный ожог.

6. Работу с плавиковой кислотой проводят в специальной посуде и с особой осторожностью в вытяжном шкафу. Обязательно следует надевать резиновые перчатки, защитные очки или маску.

Правила работы с особо опасными и токсичными веществами

При всех работах с особо опасными и токсичными веществами обязательно надевать защитные очки или маску и снимать их только после завершения работы.

I. Работа с бромом

1. Держать бром можно только в толстостенных склянках с притертыми пробками. Склянки с бромом должны стоять в вытяжном шкафу в металлических ящиках с песком.

2. Бром сильно действует на слизистые оболочки и при попадании на кожу дает трудно заживающие ожоги. Все работы с бромом проводить только в вытяжном шкафу с

полуспущенными створками, в резиновых перчатках, защитных очках или маске.

3. Переносить склянки с бромом можно лишь в банях или чашках с песком.

4. Кран капельной воронки, из которой приливают бром, должен быть смазан фосфорной кислотой и укреплен резиновым колечком. Перед работой следует кран воронки проверить на герметичность. В капельную воронку не наливать сразу более 10 мл брома.

II. Работа с металлическим натрием

1. При работе с металлическим натрием необходимо соблюдать особую осторожность. Не допускать соприкосновения его с водой и с галогеносодержащими соединениями. Все работы с натрием проводить только в защитных очках, вдали от открытых водопроводных кранов, водоструйных насосов и других источников воды.

2. Хранить металлический натрий можно только в толстостенной стеклянной или жестяной таре под слоем обезвоженного керосина, высококипящего инертного углеводорода или трансформаторного масла. Банки с натрием должны быть закрыты корковой пробкой и помещены в металлическую баню или ящик с песком.

3. Вынимают металлический натрий для работы из банки только пинцетом или щипцами. Отрезают ножом необходимое количество натрия только на сухой белой (лучше фильтровальной) бумаге и сразу же помещают в стакан под слой керосина, толуола, ксилола, сухого эфира.

4. С поверхности отрезанного натрия на фильтровальной бумаге счищают корку, затем его отжимают в фильтровальной бумаге от керосина и тотчас вводят в реакцию.

5. Обрезки щелочных металлов, а также все остатки после проведения эксперимента необходимо собрать в банку с керосином. Бумагу, на которой резали натрий, посуду, в которой был поставлен опыт, заливают техническим этиловым спиртом.

6. Категорически запрещается выбрасывать остатки натрия в раковины и мусорные ящики.

7. При нагревании реакционных сосудов, содержащих натрий, необходимо пользоваться только воздушными и песчаными банями.

8. Нельзя брать натрий для осушивания галоидных алкилов, карбонильных соединений, кислот, спиртов, нитросоединений.

9. Нельзя оставлять кусочки натрия в пустых колбах и склянках. (Натрий, покрытый сверху белым налетом, легко можно спутать по внешнему виду с хлористым кальцием).

III. Работа с токсичными веществами

1. Особую осторожность следует соблюдать при работе с цианидами, диметилсульфатом, хлорангидридами низших кислот, фосгеном, оксидом азота (IV) и др. Эксперименты с этими веществами следует проводить только в хорошо действующем вытяжном шкафу в перчатках.

2. Работы с фенолами, галогено- и нитросоединениями, непредельными карбонильными соединениями, непредельными кислотами, алифатическими галогенокислотами, гидразинами и др. нужно проводить в перчатках, защитных очках, так как многие из этих веществ вызывают ожоги кожи и раздражение слизистых оболочек.

IV. Правила работы с огнеопасными веществами

1. Опыты с легковоспламеняющимися веществами (эфир, петролейный эфир, ацетон, сероуглерод, бензол и др.) проводить дальше от огня и включенных электроплиток. Нагревать легко воспламеняющиеся жидкости можно только на предварительно нагретой водяной бане в колбе, снабженной водяным холодильником, вдали от нагревательных приборов.

2. Легковоспламеняющиеся вещества (эфир, петролейный эфир, ацетон, сероуглерод, бензол, спирт) можно отгонять в приборе с водяным холодильником на водяной бане или роторных испарителях. Нельзя упаривать горючие жидкости в открытых сосудах.

3. Приборы, в которых содержатся легковоспламеняющиеся вещества, следует разбирать после того, как будут выключены газовые горелки, находящиеся поблизости.

4. Не выливать воспламеняющиеся вещества в канализацию, ведра и ящики для му-

сора во избежание пожара от случайно брошенной спички.

5. Нельзя проводить перегонку досуха, так как многие вещества (диэтиловый эфир, диоксан) образуют взрывоопасные перекиси при соприкосновении с воздухом.

V. Правила работы при вакууме

1. При работе со стеклянными приборами, находящимися под вакуумом (перегонка, откачивание воздуха из вакуум-эксикатора), следует обязательно надевать защитные очки или маску.

2. При откачивании воздуха из вакуум-эксикатора необходимо его плотно обернуть полотенцем или поместить в специальный колпак из чистой металлической сетки.

3. При перегонке под вакуумом категорически запрещается использовать плоскодонные колбы, так как они будут раздавлены.

4. После перегонки под вакуумом нельзя снимать очки до тех пор, пока прибор не остынет и не будет соединен с атмосферой. Только через 3-5 минут после выравнивания давления можно снимать очки.

VI. Первая помощь при ожогах и отравлениях

1. При термических ожогах немедленно делают обильные примочки спиртовым раствором таннина, этиловым спиртом или раствором перманганата калия.

2. При ожогах кислотами необходимо сразу же промыть пораженное место большим количеством воды, а затем 3-процентным раствором гидрокарбоната натрия и опять водой.

3. При ожогах едкими щелочами хорошо и обильно промыть пораженное место проточной водой, затем разбавленным раствором уксусной кислоты, а после этого опять большим количеством воды.

4. При попадании кислоты или щелочи в глаза следует сразу же их промыть. Для этого направляют небольшую струю воды то в один, то в другой глаз в течение 3-5 минут. Затем глаза необходимо промыть или раствором гидрокарбоната натрия (в случае кислоты), или раствором борной кислоты (в случае щелочи). После этого нужно немедленно обратиться к врачу.

5. При ожогах фенолом пораженное место обрабатывают спиртом.

6. При ожогах кожи бромом его быстро смывают спиртом или разбавленным раствором щелочи. После этого пораженное место смазывают специальной мазью от ожогов. При вдыхании паров брома нужно глубоко подышать над спиртом, а затем выпить молоко и выйти на свежий воздух.

7. Кожу, пораженную сильно действующим органическим веществом, нужно быстро промыть большим количеством растворителя и пострадавшего доставить к врачу.

VII. Тушение местного пожара и горящей одежды

1. При возникновении пожара немедленно отключить газ и электроприборы по всей лаборатории. Быстро убрать все горючие вещества подальше от огня, а пламя тушить огнетушителем, песком или используя противопожарное одеяло. Не следует заливать пламя водой, во многих случаях это приводит лишь к большему распространению пламени и расширению очага пожара.

2. Если на ком-либо загорелась одежда, нужно пострадавшего повалить на пол и быстро накрыть войлочным одеялом. Ни в коем случае нельзя бежать, так как в этом случае пламя только усилится. Можно потушить на себе одежду обливанием водой или быстрым перекатыванием по полу.

Требования к ведению лабораторного журнала.

Рабочий журнал должен вестись аккуратно. В нем должны отмечаться дата, название лабораторной работы, название опыта, цель, приборы и оборудование, реактивы, ход работы, уравнения реакций. При необходимости делается рисунок рабочей установки. Приводится краткое описание наблюдаемых процессов, описание полученных веществ. Делаются выводы, исходя из поставленных целей.

При выполнении лабораторных работ студент должен научиться вдумчивому от-

ношению к наблюдаемым явлениям, понимать их химическую сущность, уметь выразить ее через схемы протекающих реакций.

Для успешного прохождения лабораторного практикума студенту необходимо **перед занятием** провести следующую подготовку:

1. Внимательно прочитать в рекомендуемой литературе (или данном руководстве) теоретические объяснения к каждой лабораторной работе.
2. Ознакомиться с методикой проведения опытов, понять их значение.
3. Уяснить уравнения реакций, лежащих в основе опыта.
4. Ответить на вопросы по теме лабораторной работы.
5. Подготовить лабораторный отчет по прилагаемой схеме, не заполняя графы наблюдения и выводы по опыту.

Схема отчета по лабораторной работе (расчерчивается на развернутом листе тетради):

Лабораторная работа №

Тема лабораторной работы

Цель работы:

№ опыта	название опыта	краткое описание опыта	наблюдения	уравнения реакций	выводы

Графы наблюдения (появление или исчезновение окраски, выделение газа, самопроизвольное повышение температуры и т. д.) и выводы по опыту заполняются после его проведения.

При проведении опытов используются очень малые количества реактивов. Реакции выполняются в пробирках.

Лабораторная работа № 2.
Методы очистки и выделения оранических соединений

Цель работы: познакомиться с некоторыми наиболее распространенными методами выделения и очистки органических веществ.

Многие органические вещества, выделенные из природных источников или полученные синтетически, находятся в виде смеси. В лабораторной практике большое внимание уделяется вопросам методики выделения и очистки органических соединений.

1. Фильтрование

Фильтрование – процесс отделения твердых компонентов смеси, находящихся в осадке, от растворов. Это достигается пропусканием жидкости с осадком через фильтрующий материал (фильтровальная бумага, пористое стекло, обычная и стеклянная вата и др.). Основные способы фильтрования: фильтрование при нормальном и пониженном давлении. Для фильтрования при нормальном давлении необходима стеклянная воронка и фильтр (простой или складчатый). Воронку вставляют в кольцо штатива, под неё ставят стакан (или колбу) для сбора фильтрата. Носик воронки должен быть немного опущен в стакан и касаться его стенки. Фильтруемую жидкость переносят на фильтр по стеклянной палочке.

Для ускорения процесса фильтрования применяют фильтрование при пониженном давлении (отсасывание). Основными приборами служат фарфоровая воронка Бюхнера и толстостенная колба Бунзена, которую соединяют с вакуумным насосом через предохранительную склянку. На дно воронки Бюхнера кладут круглый бумажный фильтр, диаметр которого должен быть немного меньше диаметра дна воронки. Фильтр смачивают небольшим количеством растворителя. Собранный осадок отжимают стеклянной пробкой.

2. Кристаллизация (перекристаллизация)

Кристаллизация – процесс образования и роста кристаллов из раствора, расплава или

газовой среды. Это один из важнейших методов, применяемых для очистки твердых органических веществ. Он основан на различной растворимости органических веществ и сопутствующих ему примесей в данном растворителе при различных температурах.

Для кристаллизации готовят при нагревании насыщенный раствор вещества. Горячий раствор отфильтровывают от нерастворимых примесей, а затем медленно охлаждают. Выпавшие кристаллы отделяют от растворителя, промывают и высушивают.

При перекристаллизации необходимо учитывать следующие условия:

1. вещество должно хорошо растворяться в выбранном растворителе при нагревании, плохо – при охлаждении;
2. растворимость очищаемого вещества в данном растворителе должна резко отличаться от растворимости примесей;
3. растворитель не должен химически взаимодействовать с очищаемым веществом;
4. кристаллизацию необходимо проводить в небольшом объеме растворителя.

Методика кристаллизации. Небольшое количество (~1г) загрязненной бензойной кислоты (или другого вещества) растворяют в 30-50 мл воды в химическом стакане. Полученный раствор нагревают до кипения, быстро фильтруют через складчатый фильтр, помещенный в стеклянную воронку. Собранный в стакане фильтрат охлаждают ледяной водой при перемешивании. Выпавший осадок отфильтровывают на воронке Бюхнера с использованием вакуумного насоса и сушат в сушильном шкафу при 50^0С. Полученный образец взвешивают и рассчитывают массовые доли примесей и чистого вещества в исходной смеси.

Контрольные вопросы:

1. Какие способы ускорения кристаллизации известны?
2. Как подобрать подходящий растворитель для перекристаллизации?
3. Какому способу очистки – возгонке или перекристаллизации, и по каким причинам надо отдать предпочтение в том случае, если очищаемому веществу свойственно возгоняться?
4. Укажите положительные и отрицательные стороны этого метода.

3. Перегонка

Перегонка – процесс разделения смеси жидкостей на компоненты, основанный на разнице температур их кипения. Это достигается нагреванием жидкости до кипения и последующей конденсацией её паров в холодильнике. Существует три способа перегонки жидкости:

а) при нормальном давлении (простая и фракционная перегонки);

б) при пониженном давлении;

в) с водяным паром.

Простую перегонку при нормальном давлении применяют, если разница в температурах кипения веществ в смеси не менее 80-100^0 С.

Простейший прибор для перегонки состоит из колбы Вюрца с термометром, нисходящего холодильника, аллонжа и приемника. Схема установки описана в 1,2. Для равномерного кипения смеси в колбу Вюрца помещают кусочки битого фарфора или стеклянные капилляры. В зависимости от температуры кипения перегоняемого вещества перегонную колбу можно нагревать на водяной, масляной, песчаной или воздушной бане и использовать водяной (до 110-120^0 С) или воздушный (выше 120^0 С) холодильники.

Скорость перегонки регулируют изменением температуры нагревания бани. Пока отгоняется первый компонент смеси, температура перегонки остается постоянной. Резкое повышение температуры свидетельствует о том, что началась перегонка следующего, более высокотемпературного компонента.

Методика перегонки. Жидкость, подлежащую перегонке, вносят в колбу Вюрца. При этом перегонную колбу заполняют не более чем на 2/3 объёма. В колбу вносят кипятильники. Перегонку ведут с такой скоростью, чтобы в течение секунды в приемник стекало не более двух капель перегоняемой жидкости. Первые порции дистиллята соби-

рают отдельно и отбрасывают. После того, как температура установилась, собирают основную фракцию вещества. Как только температура вновь начнёт возрастать, перегонку прекращают или собирают другую фракцию.

Экспериментальное значение температуры кипения компонента сравнивают с табличным значением, рассчитывают абсолютную и относительную ошибки в определении температуры кипения.

Контрольные вопросы:

1. Укажите основные виды перегонок.
2. В каком случае осуществляют перегонку при атмосферном давлении, в каком случае в вакууме?
3. Для чего нужны при перегонке в колбе «кипелки»? В какой раствор (холодный или горячий) их следует вносить?
4. Чем отличается простая перегонка от фракционной?
5. Что такое азеотропная смесь? Можно ли разделить ее на отдельные компоненты при простой перегонке?
6. При перегонке каких веществ используют водяное, воздушное охлаждение?
7. Какие смеси веществ подвергают перегонке с паром?

4. Экстракция

Экстракция (или извлечение) – процесс перевода вещества из одной фазы в другую, основанный на различной растворимости веществ в двух несмешивающихся жидкостях. Для этого используется делительная воронка, в которую наливают раствор, содержащий экстрагируемое вещество и экстрагирующую жидкость – растворитель, в котором это вещество растворяется лучше. Растворитель для экстракции должен:

а) мало растворяться в другом растворителе, содержащем экстрагируемое вещество;

б) заметно лучше растворять экстрагируемое вещество, чем растворитель, из которого это вещество экстрагируется;

в) не должен химически взаимодействовать ни с экстрагируемым веществом, ни с растворителем, в котором оно растворено;

г) быть сравнительно безопасным;

д) легко удаляться при выделении из него вещества;

е) оба растворителя должны иметь достаточно большое различие в плотности.

Для излечения из смеси твердых веществ только одного компонента необходимо так подобрать растворитель, чтобы в нем растворялся только данный компонент и не растворялись другие компоненты. Для более полного извлечения компонента образец необходимо измельчить.

Методика экстракции. Около 10 мл водного раствора, содержащего экстрагируемое вещество (I_2 в H_2O или другие) помещают в делительную воронку, приливают 5-6 мл растворителя (бензол). Делительную воронку закрывают пробкой и осторожно встряхивают, придерживая пробку указательным пальцем. При этом необходимо периодически открывать кран и выпускать пары растворителя (воронку держат трубкой вверх). После встряхивания делительную воронку закрепляют в штативе и оставляют до полного разделения слоев. Затем открывают пробку и, осторожно открывая кран, медленно сливают нижний слой в стакан. Оставшийся слой (экстракт) выливают через верхнее отверстие воронки в другую посуду.

Экстракцию вещества из водного раствора повторяют с другими растворителями, например изоамиловым спиртом, четыреххлористым углеродом. Учитывая различный характер растворителей (неполярный и полярный), сравнивают степень полноты извлечения вещества из водного раствора органическими растворителями.

Контрольные вопросы:

1. Какие вещества очищают данным методом?
2. На чем основан выбор растворителей для данного метода?

5. Возгонка

Возгонкой (сублимацией) называют процесс испарения твердого вещества с последующей конденсацией паров в твердую фазу, минуя жидкую. Возгонке подвергаются лишь те вещества, упругость пара которых в твердом состоянии достаточно велика при температуре ниже их температуры плавления. Давление паров увеличивается при нагревании, поэтому скорость возгонки возрастает с повышением температуры. Однако во избежание разложения вещества повышать температуру можно до определенного предела. Этим способом очищают соединения, летучесть которых отличается от летучести загрязняющих веществ. Таким образом можно очистить карбоновые кислоты, многоядерные углеводороды, хиноны и т. д.

Преимущество возгонки заключается в снижении потерь очищаемого вещества; нередки случаи, когда выход чистого продукта достигает 98-99%. Поэтому применение возгонки особенно желательно при работе с малыми количествами веществ.

Возгонку можно проводить при нормальном и пониженном давлении:

а) возгонка при нормальном давлении

1г загрязненного вещества (бензойная кислота, салициловая кислота или нафталин) помещают в фарфоровую чашку и накрывают её стеклянной конической воронкой, которую закрепляют в лапке штатива. Носик воронки затыкают ваткой. Между чашкой и воронкой помещают бумажный фильтр с небольшими отверстиями для пропускания паров. Чашку медленно и осторожно нагревают. Для лучшей конденсации паров вещества на внешнюю поверхность воронки кладут мокрый лист фильтровальной бумаги или ткани. Налет вещества на стенках воронки появляется через 15-20 минут. По окончании возгонки с внутренней поверхности воронки собирают кристаллы очищенного вещества и взвешивают. Определяют массовые доли основного компонента и примесей.

б) возгонка при пониженном давлении

0,5г очищаемого вещества помещают в прибор на шлифах, снабженный пальчиковым холодильником (водяное охлаждение). Соединяют прибор с водоструйным или вакуумным насосом. Нагревание нижней части прибора проводят при пониженном давлении. Кристаллы очищенного вещества собирают с поверхности пальчикового холодильника и взвешивают. Определяют массовые доли основного компонента и примесей.

Контрольные вопросы:

1.Какие преимущества данного метода очистки перед кристаллизацией?

2. Какие вещества можно очищать этим способом?

3. Какие виды возгонок известны?

Лабораторная работа 3.
Определение температуры плавления, температуры кипения и показателя преломления веществ

Определение температуры плавления

Температурой плавления вещества называют температуру, при которой его твердая фаза находится в равновесии с собственным расплавом.

Температура плавления – важнейшая характеристика соединения. По значению температуры плавления можно проводить идентификацию соединения, так как эта константа **всегда** приводится в справочниках по свойствам соединений.

Для идентификации веществ часто используют также т. н**. «смешанную пробу плавления».** Для этого тщательно смешивают равные количества вещества, которое идентифицируют, и заведомо известного вещества. Если температура плавления смеси остается неизменной, то делают заключение об идентичности обоих веществ. Если же температура плавления пробы ниже температуры плавления исходных веществ, то, следовательно, эти вещества различны. Это способ основан на установленном факте, что чистые вещества обладают четко выраженной («резкой») температурой плавления (с точностью до 0,01 °С). Наличие примесей, как правило, понижает температуру плавления. Кроме того, вещества, содержащие какие-либо примеси, плавятся в **температурном интервале,** т. е. не имеют четко выраженной температуры плавления. Таким образом, определение температуры

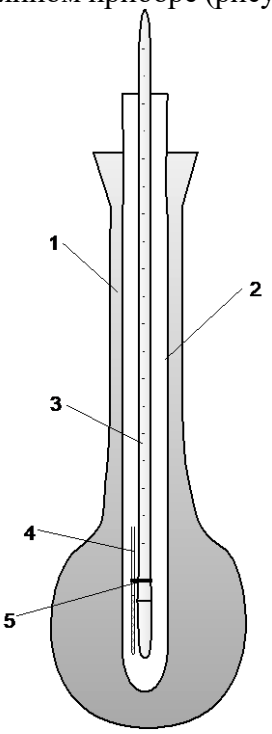
плавления может дать качественную информацию о степени чистоты вещества.

Определение температуры плавления позволяет также сделать косвенные выводы о возможном молекулярном строении вещества. Например, установлено, что изомеры с симметричными молекулами плавятся при более высокой температуре, чем вещества менее симметричного строения. Температура плавления растет также с увеличением степени ассоциации молекул (например, вследствие межмолекулярных водородных связей).

Приблизительно **оценить** температуру плавления вещества можно, используя обычный лабораторный термометр. Несколько кристаллов исследуемого соединения аккуратно помещают непосредственно на ртутный шарик термометра. Далее термометр с кристаллами осторожно располагают над поверхностью предварительно нагретой электроплитки с закрытой спиралью. Регулируя высоту положения термометра над нагретой поверхностью, грубо задают скорость подъема температуры. Внимательно наблюдая попеременно за состоянием кристаллов и значением температуры, отмечают **начало** плавления вещества (появление первых капелек жидкой фазы). Этот процесс можно повторить несколько раз, добиваясь наиболее точного определения начала процесса плавления. Разумеется, этот метод дает только приблизительное представление о температуре плавления, однако он позволяет существенно упростить дальнейший эксперимент по точному определению этой константы.

Для точного определения температуры плавления существует несколько конструктивно отличающихся приборов различной степени сложности и удобства в работе, однако принцип их работы одинаков. Исследуемое соединение помещают в стеклянный капилляр (диаметр 1 мм, длина 40–50 мм), запаянный с одного конца. Предварительно вещество растирают в ступке в тонкий порошок. Для заполнения капилляра его открытый конец погружают в порошок, при этом некоторое количество вещества попадает в верхнюю часть капилляра. Далее (для перемещения вещества в нижнюю часть капилляра и уплотнения слоя) капилляр бросают запаянным концом вниз в длинную, узкую, вертикально поставленную стеклянную трубку (диаметр 10 мм, длина 50–60 см). Повторяя этот прием несколько раз, добиваются получения плотного слоя вещества в капилляре высотой 3–5 мм.

Непосредственное определение температуры плавления производится в специальном стеклянном приборе (рисунок 5).



1 – внешняя стеклянная колба; 2 – внутренняя пробирка; 3 – термометр;
4 – капилляр с веществом; 5 – резиновое колечко

Рисунок 5 – Прибор для определения температуры плавления

Прибор состоит из прочной круглодонной колбы (1) с высококипящим теплоносителем (силиконовое масло), пробирки (2) и термометра (3). Капилляр (4) с испытуемым веществом прикрепляют к термометру колечком из резиновой трубки (5) так, чтобы столбик вещества находился на уровне середины ртутного шарика. Прибор нагревают на воздушной бане (колбонагреватель, электроплитка) сначала быстро, а последние 15 °С – 20 °С ниже предполагаемой температуры плавления температуру повышают со скоростью не более 2 град в минуту. Температурой плавления считают температуру в момент полного расплавления вещества.

Обычно вещество плавится в интервале температур и этот интервал тем меньше, чем чище вещество. Началом плавления считают момент появления первой капли в капилляре, а окончанием – исчезновение последних кристалликов вещества.

Определение температуры кипения

Над всеми жидкостями в результате их испарения устанавливается равновесие между жидкостью и паром, а, следовательно, и определенное давление пара. Величина этого давления зависит от природы жидкости и от температуры. С повышением температуры увеличивается кинетическая энергия молекул в жидкости, все большее их количество способно перейти в газовую фазу и, следовательно, давление пара над жидкостью возрастает (рисунок 6).

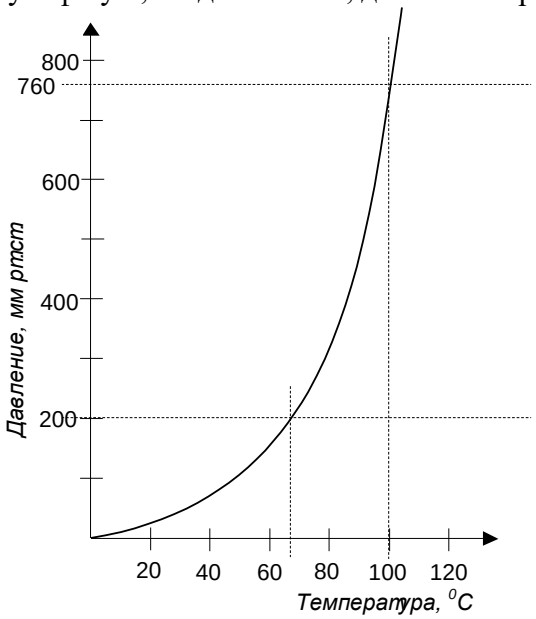


Рисунок 6 – кривая давления водяного пара

Температуру, при которой давление пара становится равным внешнему давлению, называют **температурой кипения.** Точка пересечения горизонтальной прямой, отвечающей давлению 760 мм рт. ст., и кривой давления пара соответствует температуре кипения при нормальном давлении. Любая жидкость, не разлагающаяся при нагревании до температуры, при которой давление пара становится равным 760 мм рт. ст., имеет свою характерную температуру кипения при нормальном атмосферном давлении.

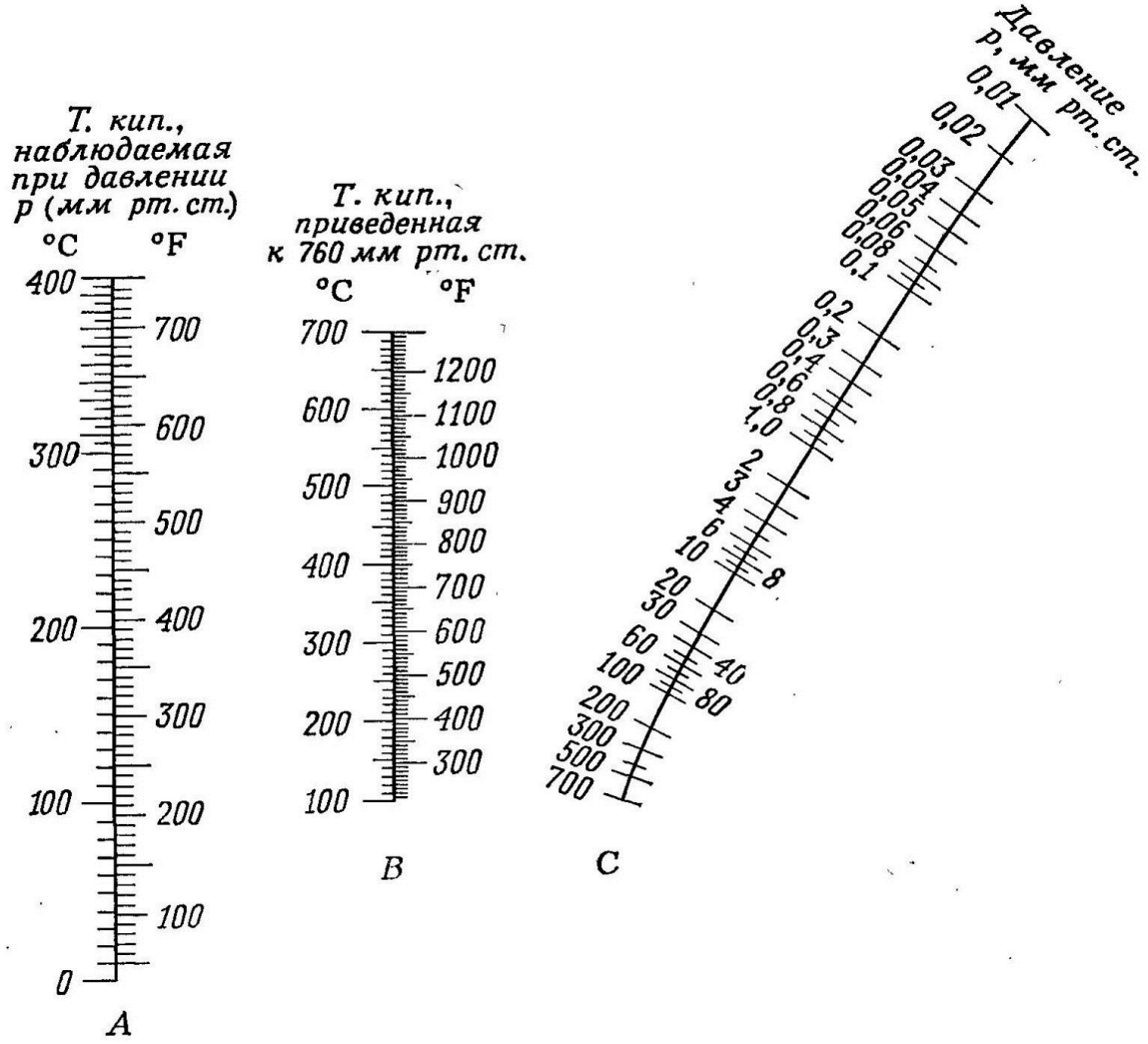
Из рисунка 6 видно также, что при давлении 200 мм рт. ст. вода кипела бы приблизительно при температуре 66 °С. Эту зависимость температуры кипения от давления используют в лабораторной практике и промышленности для перегонки без разложения веществ, кипящих при высоких температурах (вакуумная перегонка). В ряде справочных и учебных пособий приведены номограммы, позволяющие связать между собой температуры кипения при атмосферном давлении и в вакууме, т. е. определить то максимальное остаточное давление, которое должно быть в перегонной установке, чтобы вещество перегонялось ниже температуры его разложения (рисунок 7).

Этой же цели (очистка высококипящих веществ) служат и другие модификации перегонки. Например, перегонка с водяным паром позволяет перегнать высококипящее вещество при атмосферном давлении, однако давление паров над поверхностью жидкости, равное атмосферному, складывается из суммы парциальных давлений самого вещества и

паров воды. Водяной пар в этом способе продувают (барботируют) через толщу вещества в перегонном кубе.

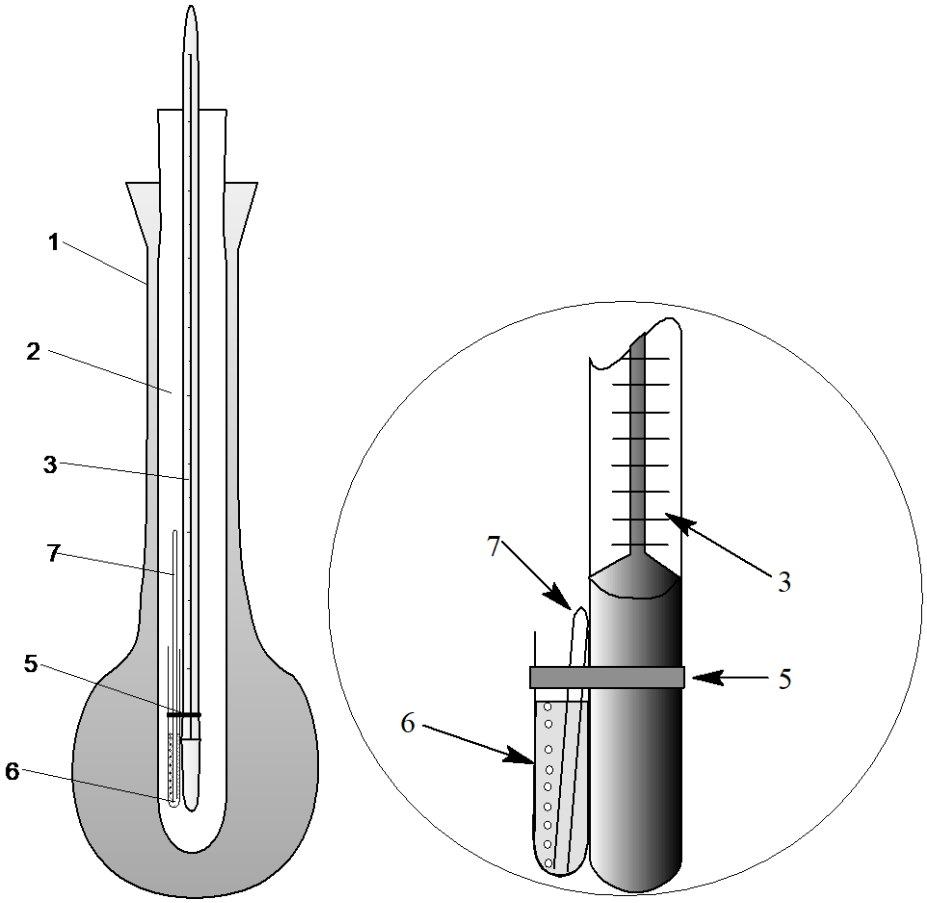
В большинстве случаев определение температуры кипения производится при перегонке вещества в процессе его очистки. В случае необходимости определение температуры кипения малого количества жидкости можно пользоваться **микрометодом Сиволобова**.

Для его проведения можно использовать стандартный прибор для определения температуры плавления, описанный выше (рисунок 8). В запаянную с одного конца тонкостенную стеклянную трубку (6) – диаметр ~ 3 мм – помещают каплю жидкости. В трубку опускают капилляр (4), запаянный с верхнего конца, прикрепляют трубку к термометру резинкой (5) и нагревают в приборе до тех пор, пока из капилляра не начнут выходить пузырьки непрерывной струей. Отмечают температуру, при которой началось непрерывное выделение пузырьков. Она соответствует температуре кипения жидкости. Обязательно записывают атмосферное давление по барометру. По значению температуры кипения можно вещество идентифицировать и определить его чистоту.



Чтобы температуру кипения при определенном давлении привести к 760 мм рт. ст., соединяют прямой линией соответствующие значения на шкалах *A* и *C*. Искомую величину температуры кипения считывают по шкале *B*. Если затем соединить прямой найденное значение температуры кипения с каким-либо значением давления на шкале *C*, то точка пересечения ее со шкалой *A* даст приближенную температуру кипения, соответствующую выбранному давлению.

Рисунок 7 – Номограмма давление–температура.



1 – внешняя стеклянная колба; 2 – внутренняя пробирка; 3 – термометр; 4 – капилляр с веществом; 5 – резиновое колечко; 6 – трубка с исследуемой жидкостью; 7 – запаянный капилляр

Рисунок 8 – Прибор для определения температуры кипения (по Сиволобову)

Определение молекулярной рефракции органических соединений

Молекулярная рефракция (MR) является физической константой, характеризующей **поляризуемость** молекулы, под которой понимают способность ее к поляризации, т. е. к изменению состояния электронного облака под действием внешнего электрического поля. В электромагнитном поле видимого света поляризуемость молекул практически целиком обусловлена смещением электронов и равна сумме эффектов смещений отдельных электронов. Последнее обстоятельство придает MR химических соединений характер **аддитивной константы**. Она может быть рассчитана теоретически как сумма рефракций отдельных атомов, входящих в состав молекулы с учетом добавок (инкрементов), учитывающих наличие и количество кратных связей:

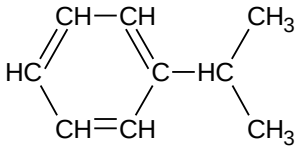
$MR_{теор.} = \Sigma\ AR_{ат.} + \Sigma$ **ink.** ,

где $AR_{ат.}$ – атомная рефракция одного атома;

ink. – инкремент одной связи.

Величины AR для отдельных атомов и инкременты кратных связей известны и приведены в большинстве соответствующих пособий и справочников (таблица 1). Зная предположительную структурную формулу соединения, можно рассчитать для него $MR_{теор}$. как сумму $AR_{ат}$.

Например, для изопропилбензола (кумола) $MR_{теор.}$ равна:



$MR_{теор.} = AR_C \cdot 9 + AR_H \cdot 12 + \mathbf{ink}_{дв.\ св.} \cdot 3$

Подставляя соответствующие значения AR и **ink** (таблица 1), получаем:

$MR_{теор.} = 2{,}418 \cdot 9 + 1{,}100 \cdot 12 + 1{,}733 \cdot 3 = 40{,}161$

Таблица 1 – Атомные рефракции отдельных атомов и инкременты

Атом	$AR_{ат.}$	Атом	$AR_{ат.}$
Водород (H)	1,100	Азот (N):	
Углерод (C)	2,418	аминный:	
Кислород (O):		первичный	2,328
эфирный	1,643	вторичный	2,502
гидроксильный	1,525	третичный	2,840
карбонильный	2,211	нитрильный	3,118
Хлор (Cl)	5,967	Инкремент двойной связи	1,733
при карбонильной группе	6,336	Инкремент тройной связи	2,336
Иод (I)	13,900	Нитрогруппа в бензольном ядре	7,7
Бром (Br)	8,865		

С другой стороны, MR можно определить экспериментально по полуэмпирическому уравнению Лорентц-Лоренца:

$$MR = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{d},$$

где n – показатель преломления вещества или раствора;

M – молекулярная масса вещества;

D – удельная масса вещества (плотность).

Таким образом, определив экспериментально три неизвестных (n, M и D) в уравнении Лорентц-Лоренца, мы можем рассчитать экспериментальное значение MR, а затем сравнить его с расчетным значением, рассчитанным по предполагаемой формуле.

Определение показателя преломления

Если монохроматический свет проходит через границу раздела двух различных сред (рисунок 9), то он отклоняется по закону Снеллиуса:

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$$

Константа n называется относительным показателем (или коэффициентом) преломления второго вещества по отношению к первому. Волновая теория света устанавливает простую связь показателя преломления со скоростью распространения световых волн в двух средах C_1 и C_2 :

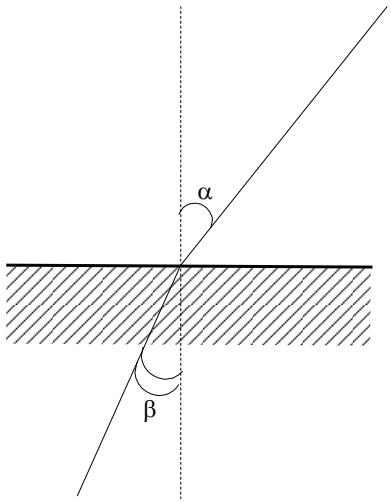
$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{C_1}{C_2}$$

Показатель преломления по отношению к вакууму называется абсолютным показателем преломления. При измерении показателей преломления жидких и твердых тел обычно определяют относительные показатели преломления по отношению к воздуху лабораторного помещения.

Показатель преломления вещества определяется его природой, но зависит также от внешних условий – температуры и длины волны света. У органических жидкостей с ростом температуры на 1° он падает на $4 \cdot 10^{-4}$-$5 \cdot 10^{-4}$. Температуру указывают надстрочным индек-

сом, а длину волны – подстрочным индексом справа. Вместо числовых значений длин волн часто употребляемых спектральных линий обычно указывают их буквенное обозначение. Так, например: обозначают показатели преломления при температуре 20, 25, и 18,5 °С для D линии спектра натрия (589,3 нм) и линий α и β водорода; соответственно (β = 486,1 нм, α = 656,3 нм) спектров испускания. Наиболее часто показатель преломления дается для спектральной линии 589,3 нм (D-линия) в спектре натрия, т.е. n_D^{20}.

n_D^{20}; n_α^{25}; $n_\beta^{18.5}$



α – угол падения; β – угол преломления

Рисунок 9 – Преломление луча монохроматического света на границе раздела двух фаз

Для определения величины показателя преломления используют специальный прибор – рефрактометр. Стандартным прибором для лабораторий органической химии служит рефрактометр Аббе. Он сконструирован таким образом, что при использовании полихроматического (солнечного или искусственного) света дает значение показателя преломления для D-линии натрия. Для измерения необходимо лишь несколько капель жидкости, точность измерения составляет ± 0,0001 единиц показателя преломления. Чтобы добиться такой точности, во время измерения следует поддерживать постоянную температуру с точностью до ± 0,2 °С (что достигается с помощью термостата). Показатель преломления целесообразно измерять при температуре 20°С, а у низкоплавких твердых веществ – несколько выше температуры плавления.

Поскольку каждое вещество характеризуется своим значением показателя преломления, рефрактометрию совместно с другими методами можно использовать для идентификации (узнавания) веществ. Идентификация осуществляется на основе совпадения измеренного и справочного значений показателя преломления чистых веществ, найденных при одинаковых условиях. Ввиду того, что различные вещества могут иметь близкие значения показателей преломления, рефрактометрию обычно дополняют другими методами идентификации веществ (спектральные измерения, определение температуры плавления или кипения и др.). С помощью показателя преломления можно также судить о чистоте вещества. Расхождение в величинах измеренного и справочного (для чистого вещества) значений показателей преломления веществ, найденных в одинаковых условиях, указывает на присутствие в нем примесей. В тех случаях, когда в литературе отсутствуют сведения о физических константах веществ (в том числе и показателе преломления), его можно признать чистым только тогда, когда физические константы не изменяются в процессах повторной очистки. Наибольшую точность рефрактометрический структурный анализ дает для жидких веществ. При этом необходимо располагать данными о составе и молекулярной массе (брутто-

формуле) или основаниями для предположения о структурной формуле вещества. Заключение о структуре вещества выносится на основании сравнения $MR_{эксп}$, найденной по формуле Лорентц-Лоренца, и $Mr_{теор}$. Совпадение значений $MR_{эксп}$ и $Mr_{теор}$ с точностью 0,3–0,4 подтверждает вероятность предполагаемой брутто-формулы и структуры. Расхождение $Mr_{теор}$ $Mr_{эксп}$. более чем на 0,3–0,4 единицы указывает на неправильность сделанных при подсчете $MR_{теор.}$ предположений о строении и составе вещества. В этом случае необходимо рассмотреть другие возможные для данной брутто-формулы молекулярные структуры вещества.

Поскольку показатель преломления зависит от концентрации растворов, рефрактометрию используют также для определения их концентрации, для проверки чистоты веществ и контроля за процессами разделения, например, можно контролировать перегонку (в аналитических целях). Показатель преломления бинарной смеси линейно зависит от концентрации компонентов (в объемных процентах), если только при смешивании не происходит изменения объема. Если происходят отклонения от линейной зависимости, необходимо строить калибровочную кривую.

Методика измерения с использованием рефрактометра Аббе

–Поднимают верхнюю половинку измерительной головки и отводят ее в крайнее (открытое) положение. Кусочком ваты, смоченной эфиром, ***осторожно*** протирают нижнюю полированную и верхнюю матовую стеклянные призмы прибора. Дают эфиру испариться.

–Пипеткой или стеклянной палочкой осторожно наносят 2–3 капли исследуемого вещества на нижнюю полированную стеклянную призму измерительной головки.

–Острожно опускают (избегая удара) верхнюю половинку измерительной головки.

–Поворачивая в разных направлениях и плоскостях зеркальце с левой стороны корпуса рефрактометра, направляют поток света в окошко на корпусе; процесс контролируют, наблюдая в окуляр прибора.

–Не отрывая глаз от окуляра, вращают попеременно маховички на правой и левой сторонах прибора, выводя границу между светлым и темным полями в зону видимости.

–Маховичком на левой стороне корпуса добиваются максимальной резкости границы между светлым и темным полями

–Маховичком на правой стороне корпуса выводят эту границу на пересечение двух взаимно перпендикулярных диагональных прямых в поле видимости прибора (рисунок 10).

–На нижней шкале считывают значение показателя преломления.

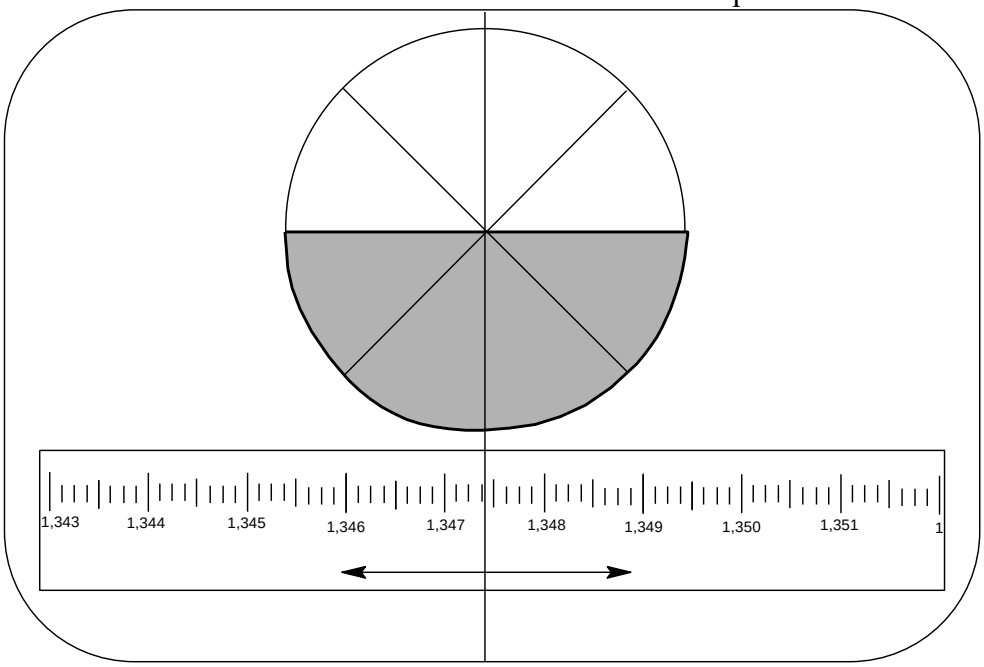


Рисунок 10 – Вид наблюдаемой картинки в окуляре рефрактометра

Определение молекулярной массы

Величину молекулярной массы **М** определяют специальными методами, например, по понижению температуры замерзания его раствора ΔT_K (**криоскопический** метод) или по повышению температуры кипения раствора ΔT_E **(эбуллиоскопический** метод) по сравнению с чистым растворителем.
Расчет **М** ведут по формуле

$\Delta T_K = K_K \cdot m_B / \mathbf{M_B}$ или

$\Delta T_E = K_E \cdot m_B / \mathbf{M_B}$, где

$\Delta T_{ПЛ}$, $\Delta T_{КИП}$ – разность в температурах плавления или кипения раствора и чистого растворителя;

K_K, K_E – криоскопическая или эбуллиоскопическая постоянная растворителя (таблица 2);

m_B – навеска вещества, растворённого в 1000 г растворителя (моляльная концентрация);

$\mathbf{M_B}$ – молярная масса вещества.

Определение плотности жидких веществ пикнометрическим методом

Плотность определяют посредством **пикнометра** ёмкостью 1–2 см³ (рис. 9). Предварительно пикнометр моют последовательно ацетоном, спиртом и эфиром, после чего просушивают, продувая в него воздух резиновой грушей, снабженной трубкой с капилляром, который вводят в корпус пикнометра. Чистый и сухой пустой пикнометр взвешивают на аналитических весах.

Таблица 2 – криоскопические (K_k) и эбулиоскопические ($K_э$) константы некоторых растворителей

Растворитель	d_4^{20}	$T_{пл.}$, °C	$T_{кип.}$, °C	K_k	$K_э$
Вода	0,998	0,0	100,0	1,85	0,516
Уксусная кислота	1,049	16,7	118,1	3,90	3,07
Бензол	0,879	5,5	80,1	5,10	2,63
Нитробензол	1,203	5,8	210,6	6,9	5,27
1,2-Дибромэтан	2,180	10,0	131,6	12,5	6,43
трет-Бутиловый спирт	0,789	25,4	82,8	12,8	–
Бромоформ	2,890	7,7	149,6	14,4	–
Циклогексанол	0,779	23,9	161	20,2	2,79
Камфора	–	178,4	–	40,0	–

Затем определяют «водное число» или «водную константу» пикнометра, т. е. массу воды в объеме пикнометра, приведенную к массе воды при температуре 4 °С (соответствует максимальной плотности воды). Для этого кипятят в стаканчике небольшое количество дистиллированной воды (с целью удаления растворенного в ней воздуха) в течение 10–15 мин и, охладив воду до температуры 20 °С, наполняют ею пикнометр (с помощью капиллярной пипетки, снабженной резиновой грушей) на 0,3–0,5 см выше метки, нанесенной на шейке пикнометра. Наполненный водой пикнометр закрепляют в специальном

держателе и погружают в стакан с водой так, чтобы уровень воды в шейке пикнометра был ниже уровня воды в термостатирующем стакане (рисунок 11).

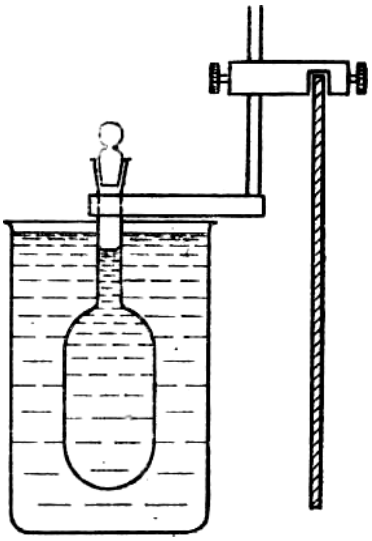


Рисунок 11 – Определение плотности жидкости с помощью пикнометра

В стакан, используемый в качестве термостата, опускают термометр, на шарик которого надета предохранительная муфта из резиновой трубки, и выдерживают в течение 20 мин, помешивая термометром, при температуре 20 °С. Температуру поддерживают, прибавляя по мере надобности теплую воду или кусочки льда. По прошествии 20 мин уровень воды в шейке пикнометра доводят до метки по нижнему обрезу мениска, отбирая лишнюю воду с помощью капилляров или тонко нарезанных и свернутых в трубочку листков фильтровальной бумаги. Верхнюю часть шейки пикнометра и шлиф следует тщательно протереть сухим кусочком фильтровальной бумаги. После этого пикнометр закрывают пробкой, вынимают из термостатирующего стакана, тщательно вытирают снаружи чистым полотенцем или фильтровальной бумагой и взвешивают на аналитических весахчерез 25–30 мин. Для вычисления массы воды в объеме пикнометра при температуре 4 °С надо решить пропорцию:

$$\frac{\text{Масса воды в объеме пикнометра при 20 °С}}{\text{Масса воды в объеме пикнометра при 4 °С } (\boldsymbol{X})} =$$

$$= \frac{\text{Масса 1 см}^3\text{ воды при 20 °С}}{\text{Масса 1 см}^3\text{ воды при 4°С}} = \frac{0{,}99823}{1}$$

Полученное значение ***X*** и есть «водное число», которое для данного пикнометра является постоянной величиной. Если «водная константа» пикнометра установлена, то для определения плотности жидкости следует взвесить чистый и сухой пикнометр, заполнить его исследуемой жидкостью и далее проделать все операции, описанные при установлении «водного числа». Отношение массы вещества при температуре 20 °С в объеме данного пикнометра к величине «водного числа» и есть плотность данного вещества $d\frac{20}{4}$.

Контрольные вопросы.

Определение температуры плавления

1 Что характеризует и от чего зависит температура плавления вещества?

2 Как заполняется и закрепляется капилляр при определении температуры плавления?

3 Какова должна быть высота слоя вещества в капилляре?

4 Как влияет на точность определения температура плавления вещества скорость нагревания прибора?

5 Что означает «поправка на выступающий столбик ртути»? Как она определяется?

6 Какой момент считается моментом отсчета температуры плавления?

7 Какую информацию можно получить о веществе по значению температуры плавления?

Определение температуры кипения

1 Что такое «температура кипения вещества»?

2 Как определяется температура кипения вещества?

3 Что означает «поправка на выступающий столбик ртути»? Как она определяется?

4 Какие факторы влияют на температуру кипения вещества?

5 Какую информацию можно получить о веществе по значению температуры кипения?

Определение молекулярной рефракции

1 От каких параметров зависит показатель преломления вещества или его раствора?

2 Как на практике определяют плотность (удельную массу) неизвестного соединения?

3 Как на практике определяют молекулярную массу неизвестного соединения?

4 О чем свидетельствует расхождение более чем на 0,3–0,4 единицы величин $MR_{эксп.}$ и $MR_{теор.}$?

5 Является ли метод рефрактометрии достаточным для установления структуры и идентификации соединения?

Лабораторная работа №4

Качественный элементный анализ органических соединений

Опыт 1. Обнаружение углерода пробой на обугливание (тяга!)

Реактивы: сахар (или мука, крахмал), бумага, бензол, 1-процентный раствор серной кислоты, концентрированная серная кислота.

Оборудование: фарфоровая чашка (или крышка от тигля). Фарфоровый треугольник, скальпель, стеклянный цилиндр, ступка с пестиком.

Обугливание – самая простая проба на обнаружение углерода в органических веществах. Некоторые органические вещества обугливаются (чернеют) при прокаливании, в других случаях обугливание наблюдается при действии водоотнимающих веществ, например, концентрированной серной кислоты.

1) На крышку тигля или в фарфоровую чашку помещают немного (0,1г) сахара или муки. Чашку ставят на фарфоровый треугольник, закрепленный на штативе. Осторожно нагревают на пламени горелки, а затем прокаливают испытуемое вещество до обугливания. Сделайте вывод о действии нагревания на органические вещества.

2) На белой или фильтровальной бумаге (целлюлозе) делают надпись 1-процентным раствором серной кислоты. При высыхании раствора надпись невидима. Проявление надписи происходит при осторожном нагревании бумаги над горячей электрической плиткой. Сделайте вывод о действии разбавленной серной кислоты на органические соединения.

3) В ступке растирают 25 г сахара, добавляют 3 мл воды и переносят смесь в стеклянный цилиндр емкостью 50 мл. Затем постепенно при постоянном перемешивании стеклянной палочкой добавляют 12,5 мл конц. серной кислоты. Когда начинается обугливание, стеклянную палочку приподнимают. Смесь вспучивается, черный пористый «пирог» поднимается на палочке. Сделайте вывод о действии концентрированной серной кислоты на органические соединения.

4) В фарфоровую чашку (или на крышку тигля) наливают 2-3 капли бензола и поджигают его. Бензол горит сильно коптящим пламенем. Почему? Допишите уравнение реакции:

$C_6H_6 + 4{,}5O_2 \rightarrow$

Опыт 2. Обнаружение углерода и водорода окислением вещества оксидом меди (II)

Реактивы: сахар (сухой), оксид меди (II) – порошок, известковая (или баритовая) вода – насыщенный раствор гидроксида кальция или бария, безводный сульфат меди (II) – свежепрокаленный.

Оборудование: изогнутые газоотводные трубки с пробками для пробирок, вата, штатив с пробирками.

Наиболее общим, универсальным методом обнаружения в органическом веществе углерода и одновременно с ним водорода является окисление его оксидом меди (II). При этом углерод превращается в оксид углерода (IV), а водород – в воду.

В сухую пробирку с газоотводной трубкой помещают 0,2 – 0,3 г сахарозы и 1-2 г порошка оксида меди (II). Содержимое пробирки тщательно перемешивают, сверху смесь засыпают слоем оксида меди (II) – примерно 1 г. В верхнюю часть пробирки (под пробку) помещают маленький комочек ваты, на которую насыпают немного безводного сульфата меди (II). Пробирку закрывают пробкой и закрепляют ее в лапке штатива с небольшим наклоном. Свободный конец газоотводной трубки опускают в пробирку с известковой (или баритовой) водой так, чтобы трубка почти касалась поверхности жидкости (Рис.1.). Сначала прогревают всю пробирку, затем сильно нагревают ту часть, где находится реакционная смесь. Изменяется ли цвет реакционной смеси? Почему?

Отметьте, что происходит с известковой водой. Почему изменяется цвет сульфата меди? Напишите уравнения следующих реакций:

а) окисление сахарозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$) оксидом меди (II) в избытке;

б) взаимодействие продуктов, образующихся при окислении сахарозы, с известковой водой и с безводным сульфатом меди.

Опыт 3. Обнаружение азота сплавлением вещества с металлическим Опыт 3. Об-

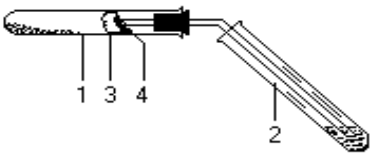


Рис.1. Прибор для определения углерода и водорода.

1- пробирка со смесью сахарозы и CuO;

2- пробирка с известковой водой;

3- вата;

4- безводный сульфат меди.

наружение азота сплавлением вещества с металлическим натрием. (Тяга! Защитные очки!)

Реактивы: мочевина, металлический натрий, 1-процентный раствор сульфата железа (II), 1-процентный раствор хлорида железа (III), 10-процентный раствор соляной кислоты.

Оборудование: фарфоровая чашка, лакмусовая бумага.

Принцип метода состоит в том, что при сплавлении с металлическим натрием органическое вещество разлагается, а содержащийся в нем азот образует с углеродом и натрием цианид натрия:

Образовавшийся цианид натрия обнаруживают, переводя его в берлинскую лазурь.

В сухую пробирку помещают несколько кристаллов мочевины ($H_2N\text{-}CO\text{-}NH_2$) и кусочек (с половину горошины) очищенного от корки и отжатого в фильтровальной бумаге металлического натрия. (Вместо мочевины можно взять другое органическое вещество, содержащее азот: анилин, ацетамид, яичный белок и др.). Осторожно нагревают пробирку в пламени горелки. (*Вытяжной шкаф! Защитные очки.*) Через некоторое время происхо-

дит вспышка, пробирку нагревают до красного каления еще 1-2 минуты. Необходимо проследить, чтобы натрий плавился вместе с мочевиной, так как в противном случае цианид натрия может не образоваться. Затем пробирку охлаждают и добавляют в неё 3 мл дистиллированной воды. Кусочки плава измельчают стеклянной палочкой и полученный раствор фильтруют через бумажный фильтр в пробирку. Если органическое вещество разрушено не полностью, жидкость имеет бурый или черный цвет. В таком случае сплавление исследуемого вещества с натрием повторяют.

К фильтрату добавляют по 3-4 капли 1-процентного раствора сульфата железа (II) и хлорида железа (III). Выпадают осадки гидроксида железа (II) грязно-зеленого цвета и гидроксида железа (III) бурого цвета.

Напишите уравнения реакций их образования в щелочном растворе. Объясните, почему исследуемый раствор имеет щелочной характер. Если в растворе имеется избыток цианида натрия, то образуется гексацианоферрат натрия. Напишите уравнения реакции образования его из цианида натрия и гидроксида железа (II). Содержимое пробирки подкисляют 10-%-ным раствором HCl, появляется синяя окраска (берлинская лазурь). Напишите уравнения следующих реакций:

гидроксид железа (III) + соляная кислота →

гексацианоферрат натрия + хлорид железа (III) →

Опыт 4. Обнаружение серы сплавлением органического вещества с металлическим натрием. (Тяга! Защитные очки!)

Реактивы: тиомочевина (или сульфаниловая кислота, сухой белок, белый стрептоцид и др.), металлический натрий, 2-процентный раствор ацетата свинца, 2-процентный раствор нитропруссида (свежеприготовленный), 10-процентный раствор соляной кислоты, уксусная кислота.

Оборудование: фарфоровая чашка, фильтровальная бумага, скальпель, пинцет, штатив с пробирками.

Серу обнаруживают в органическом веществе подобно азоту: сначала разрушают органическое вещество сплавлением с металлическим натрием, выделяющаяся сера образует с натрием сульфид. Далее открывают сульфид-ион (S^{2-}) обычными качественными реакциями.

В сухую пробирку вносят несколько крупинок тиомочевины (или другого содержащего серу вещества) и кусочек металлического натрия с блестящей поверхностью размером с половину горошины. Далее проводят сплавление так, как это описано в опыте 3 (открытие азота). (*Вытяжной шкаф! Защитные очки!*)

Полученный фильтрат, содержащий сульфид натрия, делят на три части.

Первую часть подкисляют уксусной кислотой, затем прибавляют 0,5 мл 2-процентного раствора ацетата свинца. Жидкость окрашивается в бурый или черный цвет, иногда появляется черный осадок. Образование осадка ускоряется при нагревании.

Напишите уравнение реакции сульфида натрия и ацетата свинца. Какое вещество выпадает в виде черного осадка?

Ко второй части раствора приливают 0,5 мл 2-процентного раствора нитропруссида натрия. Появляется интенсивное красно-фиолетовое окрашивание, постепенно переходящее в бурое. Эта проба значительно чувствительнее пробы с ионами свинца.

Напишите уравнение реакции образования комплексной соли состава $Na_4[Fe(CN)_5NOS]$ при взаимодействии сульфида натрия и нитропруссида натрия $Na_2[Fe(CN)_5NO]$.

К третьей части раствора прибавляют 10-процентную соляную кислоту, при этом появляется характерный запах. Напишите уравнение реакции сульфида натрия с соляной кислотой.

Опыт 5. Реакция Бейльштейна на галогены

Реактивы: хлороформ, медная проволока.

Оборудование: штатив с пробирками, газовая горелка.

При прокаливании галогеносодержащего органического вещества с оксидом меди (II) происходит его окисление, причём галогены (кроме фтора) образуют с медью летучие галогениды, окрашивающие пламя в зелёной цвет.

Петлю медной проволоки прокаливают в пламени горелки до прекращения окрашивания пламени и образовании на поверхности меди чёрного налёта. Остывшую петлю смачивают хлороформом и снова вносят в пламя газовой горелки.

Составьте уравнение реакции, учитывая, что образуются хлорид меди (II) и хлорид меди (I).

Опыт 6. Обнаружение галогенов действием натрия на спиртовой раствор органического вещества (Метод Степанова)

Реактивы: хлороформ (или четыреххлористый углерод, иодоформ и др.), этиловый спирт, натрий металлический, 1-процентный раствор нитрата серебра, концентрированная азотная кислота, синяя лакмусовая бумага.

Оборудование: штатив с пробирками, прямая газоотводная трубка.

В большинстве органических веществ галоген прочно связан с углеродом ковалентной связью, поэтому его нельзя обнаружить реакцией с ионами серебра (Ag^+). Для обнаружения галогена органическое вещество восстанавливают водородом в момент выделения, галоген при этом отщепляется в виде аниона, который можно открыть обычными качественными реакциями.

В пробирку помещают 1 каплю хлороформа (или другого, содержащего галоген органического вещества), добавляют 2 мл этилового спирта и небольшой кусочек (с половину горошины) металлического натрия с блестящей поверхностью. Начинается энергичная реакция, пробирка разогревается. Ее закрывают пробкой с газоотводной трубкой и поджигают выделяющийся газ - водород.

Напишите уравнения следующих реакций: а) этилового спирта с металлическим натрием; б) восстановление хлороформа $CHCl_3$ атомарным водородом до метана и хлороводорода (часть водорода в момент выделения участвует в этой реакции); в) хлороводорода с алкоголятом натрия.

Когда выделение водорода закончится, и натрий полностью растворится, к реакционной смеси прибавляют 2 мл воды. Избыток алкоголята натрия реагирует с водой с образованием гидроксида натрия. Напишите уравнение реакции. В воде растворяется также белый осадок хлорида натрия, малорастворимый в этиловом спирте. Щелочной раствор подкисляют несколькими каплями концентрированной азотной кислоты (проверить реакцию среды по лакмусу!) и к кислому раствору добавляют несколько капель 1-процентного раствора нитрата серебра $AgNO_3$. Сразу же выпадает белый творожистый осадок хлорида серебра. Если в растворе мало ионов Cl^-, то образуется взвесь белого цвета.

Задание 1. Напишите уравнения следующих реакций: гидроксида натрия с азотной кислотой, хлорида натрия с нитратом серебра.

Задание 2. Объясните, почему нельзя обнаружить ион Cl^- реакцией с Ag^+ в щелочной среде?

Задание 3. Напишите уравнение реакции нитрата серебра с гидроксидом натрия.

Задание 4. Почему для подкисления щелочного раствора перед добавлением нитрата серебра нужно брать азотную кислоту, но не соляную или серную?

Примечание: При выполнении опыта не следует брать больше 1-2 капель хлороформа. Не успевший вступить в реакцию с водородом при разбавлении реакционной смеси водой (еще до прибавления $AgNO_3$) хлороформ будет давать с водой эмульсию в виде мутной жидкости белого цвета. Эмульсия хлороформа в воде маскирует появление белого осадка хлорида серебра. Цвет осадка зависит от природы галогена.

Лабораторная работа № 5
Алканы

Опыт 1. Получение метана и его свойства

Реактивы: смесь для получения метана – безводный ацетат натрия и прокаленная

натронная известь (смесь NaOH и $Ca(OH)_2$) (1:2), сильно разбавленный раствор $KMnO_4$, 5-процентный раствор карбоната натрия, бромная вода (насыщенная), бром.

Оборудование: газоотводная трубка, к которой присоединена каучуковая трубка длиной 10-12 см со стеклянным наконечником, крышка от тигля, кристаллизатор, изогнутая газоотводная трубка, штатив с пробирками.

1) *Получение и горение метана.* В сухую пробирку насыпают смесь для получения метана (высота слоя около 4 см). Размещают смесь так, чтобы образующийся метан мог свободно выходить из пробирки. Закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепляют ее в штативе с небольшим наклоном. В штатив ставят две пробирки: одну пробирку со смесью 3 мл разбавленного раствора перманганата калия и 1 мл 5-процентного раствора карбоната натрия и вторую пробирку с 3 мл бромной воды.

Прогревают сначала всю пробирку, затем сильно нагревают ту ее часть, где находится смесь, начиная от дна пробирки, а затем, передвигая горелку дальше, чтобы могли реагировать новые порции смеси. Сначала из пробирки вытесняется воздух, затем начинается выделение метана. Метан поджигают у конца газоотводной трубки, он горит голубоватым, несветящимся пламенем. Вносят в пламя горящего метана фарфоровую крышку от тигля.

Почему на крышке тигля не образуется черного пятна сажи? Напишите уравнения реакций получения метана (из ацетата натрия и гидроксида натрия) и горения метана.

2*) Отношение метана к водному раствору брома и перманганата калия*. Вводят газоотводную трубку в пробирку с бромной водой и пропускают в течение 1 минуты метан. Исчезает ли окраска бромной воды? Затем пропускают метан через раствор перманганата калия.

Что вы наблюдаете? Сделайте вывод об отношении метана к бромной воде и к водному раствору перманганата калия (при комнатной температуре).

Опыт 2. *Реакции с жидкими насыщенными углеводородами*

Реактивы: жидкие насыщенные углеводороды, 5-процентный раствор Na_2CO_3, раствор $KMnO_4$, концентрированная серная кислота, концентрированная азотная кислота, 5-процентный раствор брома в четыреххлористом углероде, 25-процентный раствор аммиака, синяя лакмусовая бумага.

Оборудование: фарфоровая чашка, штатив с пробирками.

1) *Отношение алканов к водному раствору перманганата калия.* В пробирку наливают 1 мл насыщенных углеводородов, 1 мл 5-процентного раствора Na_2CO_3, затем по каплям при встряхивании добавляют раствор $KMnO_4$. Изменяется ли фиолетовая окраска перманганата калия? Сделайте вывод об отношении алканов к водному раствору перманганата калия.

2) *Отношение алканов к концентрированной серной кислоте.* В сухую пробирку наливают 1 мл насыщенных углеводородов и 1 мл концентрированной серной кислоты. Содержимое пробирки взбалтывают в течение 2-3 минут.

Происходят ли изменения? Разогревается ли смесь? Сделайте вывод на основании опыта.

3) *Отношение насыщенных углеводородов к концентрированной азотной кислоте.* К 1 мл насыщенных углеводородов (в сухой пробирке) добавляют 1 мл концентрированной азотной кислоты, смесь встряхивают в течение 2-3 минут.

Сделайте вывод об отношении алканов к концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре.

4) *Горение жидких алканов*. (Тяга!) В фарфоровую чашку наливают 1 мл жидких алканов и поджигают их.

Объясните, почему в отличие от метана жидкие алканы горят коптящим пламенем. Вычислите процентное содержание углерода и водорода в метане, в гексане. Напишите уравнения реакций горения пентана, гексана, октана.

Лабораторная работа №6

Алкены

Опыт 1. Получение и свойства этилена

Реактивы: смесь для получения этилена (смесь 96-процентного этилового спирта и концентрированной серной кислоты в объемном отношении 1:2), бромная вода (насыщенный раствор), 2-процентный раствор $KMnO_4$, 10-процентный раствор карбоната натрия, керосин (бензин), концентрированная серная кислота.

Оборудование: прибор для получения этилена (Рис.2.), кипятильники (кусочки битого фарфора, пористой глины, песок и др.), газоотводные трубки с хлоркальциевыми трубками, заполненными кусочками натронной извести, крышки от тиглей, штатив с про-

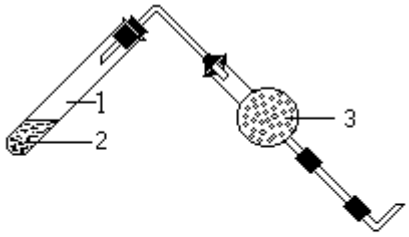


Рис. 2. Прибор для получения этилена.
1- пробирка со смесью этилового спирта и серной кислоты;
2- кипятильники;
3- хлоркальциевая трубка с натронной известью.

бирками.

1) *Реакция этилена с бромной водой.* В сухую пробирку наливают 5 мл смеси для получения этилена (этиловый спирт и концентрированная серная кислота в объемном отношении 1:2). При смешивании этанола с серной кислотой образуется этилсерная кислота – кислый сложный эфир.

Напишите уравнение реакции образования этилсерной кислоты.

В реакционную смесь помещают несколько кипятильников для равномерного кипения реакционной смеси, закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепляют ее в штативе. Газоотводную трубку соединяют с хлоркальциевой трубкой, заполненной натронной известью, помещенной между двумя неплотными ватными тампонами. Натронная известь должна быть в виде кусочков, для лучшего прохождения газообразных веществ, содержащих концентрированную серную кислоту и пары реакционной смеси.

В штатив ставят пробирку с 2 мл бромной воды. Пробирку со смесью для получения этилена осторожно нагревают, следя за тем, чтобы вспенивающуюся жидкость не перебросило в хлоркальциевую трубку. Выделяющийся этилен пропускают через бромную воду, которая обесцвечивается (качественная реакция на кратные связи).

Напишите уравнение реакции образования этилена из этилсерной кислоты (реакция идет при температуре около 170ºС). Кроме основной реакции – сернокислотной дегидратации этилового спирта - протекает несколько побочных реакций. Одна из наиболее важных – окислительно-восстановительная. Концентрированная серная кислота при высокой температуре окисляет органическое вещество (в том числе и этанол) до углерода и оксида углерода (IV) – реакционная смесь чернеет. При этом серная кислота восстанавливается до оксида серы (IV), который может реагировать с бромной водой (и с перманганатом калия) подобно этилену. Поэтому его отделяют от примеси оксида серы (IV). Кислотные оксиды (SO_2, CO_2) поглощают натронной известью, помещенной в хлоркальциевую трубку.

Напишите уравнения реакций оксидов SO_2, CO_2 с натронной известью. Этилен реагирует с бромной водой по электрофильному механизму (A_E). Рассмотрите его. Какую роль в этой реакции играет вода?

2) *Реакция этилена с водным раствором перманганата калия (реакция Е.Е. Вагнера).* В пробирку наливают 2 мл 2-процентного раствора перманганата калия, добавляют

0,5 мл 10-процентного раствора соды и пропускают этилен. Фиолетовая окраска раствора перманганата калия исчезает, образуется хлопьевидный осадок бурого цвета. Если этилен пропускать долго, осадок может раствориться. При окислении этилена в условиях реакции Вагнера образуется двухатомный спирт – этиленгликоль $HO\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH$. Напишите уравнение реакции окисления этилена водным раствором перманганата калия. Реакция Вагнера – качественная реакция на кратные связи.

3) Окисление этилена *перманганатом калия в кислой среде.*

Пропускают этилен через раствор перманганата калия, подкисленный серной кислотой. Раствор обесцвечивается, бурый осадок не образуется, так как окисление проходит более глубоко (до щавелевой кислоты). Составьте уравнение реакции.

4) *Горение этилена*. Поджигают этилен у конца газоотводной трубки. Этилен горит светящимся пламенем. Вносят в пламя этилена крышку от тигля.

Объясните, почему на крышке образуется черное пятно. Рассчитайте процентное содержание углерода и водорода в молекуле этилена. Напишите уравнение реакции горения этилена.

5) Свойства жидких алкенов

Для опытов с жидкими алкенами можно использовать бензин или керосин, так в их состав входят различные непредельные углеводороды.

В три пробирки наливают по 1 мл керосина (или бензина). В первую добавляют несколько капель раствора брома. Полученную смесь осторожно нагревают на водяной бане. Наблюдают исчезновение жёлтой окраски.

Рассмотрите механизм присоединения брома к гексену-1.

Во вторую пробирку добавляют 1 мл раствора перманганата калия, подщелоченного раствором карбоната натрия.

Опишите наблюдаемые явления. Составьте уравнение реакции, подберите коэффициенты методом электронного баланса или ионно-электронным методом.

В третью пробирку приливают 1 мл конц. серной кислоты и взбалтывают несколько минут до образования однородного раствора (при сильном разогревании пробирку следует охладить).

Рассмотрите механизм реакции присоединения серной кислоты к 2-метилбутену. Какое практическое значение имеет эта реакция?

Лабораторная работа №7
Алкины

Опыт 1. Получение и свойства ацетилена

Реактивы: карбид кальция (кусочки), бромная вода (насыщенный раствор), 1-процентный раствор перманганата калия, 10-процентный раствор карбоната натрия, 1-процентный раствор нитрата серебра, 5-процентный раствор аммиака.

Оборудование: прибор для получения ацетилена, изогнутые газоотводные трубки, короткие прямые газоотводные трубки с оттянутым концом, крышки от тиглей, фильтро-

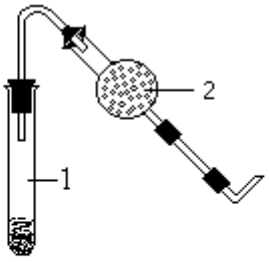


Рис. 3. Прибор для получения ацетилена.
1- пробирка с карбидом кальция;
2- хлоркальциевая трубка с натронной известью.

вальная бумага, штатив с пробирками.

1) *Получение ацетилена и его горение (тяга!)*. В пробирку помещают кусочек карбида кальция, приливают около 1 мл воды и сразу же закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец (рис. 3.). Поджигают выделяющийся ацетилен у конца газоотводной трубки. Наблюдают характер пламени. Затем меняют газоотводную трубку: закрывают пробирку, из которой выделяется ацетилен, изогнутой газоотводной трубкой с широким отверстием и снова поджигают ацетилен. Вносят в пламя крышку от тигля. На крышке образуется черное пятно сажи. Напишите уравнения реакций получения ацетилена из карбида кальция и горения ацетилена (полное и неполное сгорание). Вычислите процентное содержание углерода и водорода в ацетилене. Имеет ли ацетилен запах?

2) *Реакция ацетилена с бромной водой*. Закрывают пробирку с карбидом кальция и водой пробкой с изогнутой газоотводной трубкой и пропускают ацетилен через бромную воду. Объясните, почему обесцвечивание бромной воды происходит значительно медленнее, чем при реакции с этиленом.

Напишите уравнение реакции ацетилена с бромом.

3) *Окисление ацетилена перманганатом калия*. В пробирку наливают 1 мл раствора перманганата калия, добавляют такой же объем раствора соды и затем пропускают через полученный раствор ацетилен. Постепенно фиолетовая окраска раствора исчезает, появляется хлопьевидный осадок оксида марганца (IV) бурого цвета. При окислении ацетилена происходит образование смеси веществ, частично происходит полное окисление до оксида углерода (IV).

Напишите уравнение реакции окисления ацетилена перманганатом калия до щавелевой кислоты НООС-СООН. Подберите коэффициенты.

4) *Получение металлических производных ацетилена – ацетиленидов*. Работа с ацетиленидами требует особой осторожности. В сухом виде при слабом нагревании или при ударе они взрываются с большой силой, поэтому ацетилениды нельзя высушивать полностью. Особенно опасен в сухом виде ацетиленид серебра.

Получение ацетиленида серебра. В пробирку наливают 2 мл 1-процентного раствора нитрата серебра и прибавляют по каплям 5-процентный раствор аммиака до полного растворения образующегося вначале осадка оксида серебра. Через полученный бесцветный раствор пропускают ацетилен. Выпадает желтовато-серый осадок ацетиленида серебра (окраска обусловлена примесями). Осадок отфильтровывают, промывают небольшим количеством воды, отжимают в фильтровальной бумаге, переносят на кусочек сухой фильтровальной бумаги. И осторожно нагревают на асбестовой сетке. (Тяга! Защитные очки!) Ацетиленид разлагается со взрывом. Остатки его уничтожают помещением вместе с фильтровальной бумагой в стакан с водой и добавлением концентрированной соляной или азотной кислоты (1/4 – 1/5 от объема воды).

Напишите уравнения реакций получения аммиачного раствора гидроксида серебра и ацетиленида серебра. Будут ли образовывать ацетилениды меди (I) и серебра бутин-1 и бутин-2? Напишите уравнения реакций разложения ацетиленида серебра при нагревании (взрыв) и при действии соляной кислотой.

Лабораторная работа № 8

Опыт 1. Получение хлорэтана

Реактивы: смесь этилового спирта и концентрированной серной кислоты (2:1), хлорид натрия.

Оборудование: пробирки, прямые газоотводные трубки с оттянутым концом.

В пробирку наливают 3 мл смеси спирта и концентрированной серной кислоты (2:1) и добавляют 0,1г растертого в порошок хлорида натрия. Пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, и очень осторожно нагревают (жидкость вспенивается). Поджигают выделяющийся хлористый этил у отверстия газоотводной трубки; он горит характерным пламенем с зеленой каймой. Хлористый этил при обычной температуре – газообразное вещество (т.кип. +12,4ºС). Напишите урав-

нение реакции получения хлористого этила с указанием промежуточных стадий. Составьте суммарное уравнение реакции.

Опыт 2. Получение бромистого этила

Реактивы: этиловый спирт, концентрированная серная кислота, бромид калия.

Оборудование: химический стакан (100-200 мл), изогнутая газоотводная трубка, пробирки.

В пробирку наливают 1,5 мл этилового спирта и 1 мл воды, затем добавляют по каплям при встряхивании и охлаждении 1,5 мл концентрированной серной кислоты. После охлаждения реакционной смеси до комнатной температуры в нее добавляют 1,5г растертого в порошок бромида калия. Пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой и укрепляют в лапке штатива.

Конец газоотводной трубки опускают в воду (1 мл), налитую в другую пробирку и охлаждаемую снаружи льдом (рис. 4).

Содержимое пробирки *1* прогревают и затем очень осторожно нагревают до кипе-

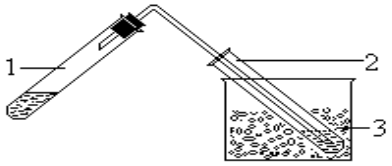


Рис.4. Прибор для получения бромистого этила.
1 - пробирка с реакционной смесью;
2 - пробирка - приемник;
3 - стакан с ледяной водой.

ния (образуется пена). Постепенно кристаллы бромида калия исчезают, а в пробирке – приемнике собираются бесцветные тяжелые капли бромистого этила (т.кип. +38,4°С).

Пипеткой удаляют из пробирки-приемника верхний водный слой. Вносят каплю бромистого этила в пламя горелки (стеклянной палочкой). Пламя по краям окрашивается в зеленый цвет. Для обнаружения брома в бромистом этиле можно использовать реакцию Бейльштейна.

Напишите уравнение реакции образования бромистого этила и рассмотрите ее механизм (S_N2). Какие приемы используют для смещения равновесия реакции в сторону увеличения выхода этилбромида? Какую роль играет вода в данном процессе? Какие побочные реакции протекают при получении бромистого этила? Напишите уравнения этих реакций.

Опыт 3. Свойства хлороформа

Реактивы: хлороформ, 1-процентный раствор резорцина, 1-процентный раствор гидроксида натрия, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 20-процентный раствор азотной кислоты, 1-процентный раствор нитрата серебра, 10-процентный раствор аммиака, 1-процентный раствор перманганата калия, раствор йода в йодиде калия.

Оборудование: штатив с пробирками.

1) *Реакция хлороформа с резорцином.* В пробирку наливают 1 мл 1-процентного раствора резорцина, 2 мл 1-процентного раствора гидроксида натрия и 1 мл хлороформа. Смесь нагревают. Появляется желто-красное окрашивание.

2) *Растворение йода в хлороформе.* В пробирку наливают хлороформ и добавляют несколько капель йода в йодиде калия. Смесь интесивно встряхивают. Через некоторое время слой хлороформа окрашивается в розовый цвет, так как йод хорошо растворяется в хлороформе.

3) *Щелочной гидролиз хлороформа*. Наливают в пробирку 1 мл хлороформа и 3 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия. Осторожно при встряхивании нагревают смесь до кипения, затем охлаждают. В условиях опыта хлороформ гидролизуется с образованием ионов хлора и муравьиной кислоты (в щелочной среде получается натриевая соль муравьиной кислоты – формиат натрия).

Для обнаружения ионов хлора отливают в пробирку 1/3 гидролизата, подкисляют

его 20-процентным раствором азотной кислоты и добавляют несколько капель 1-процентного раствора нитрата серебра.

Напишите уравнения реакций гидролиза хлороформа в щелочной среде и взаимодействия ионов хлора с нитратом серебра.

Муравьиная кислота легко окисляется, так как содержит альдегидную группу (это используется для обнаружения ее в растворе). Остаток щелочного раствора гидролизата хлороформа делят на две части. К одной приливают свежеприготовленный аммиачный раствор гидроксида серебра, а к другой – несколько капель 1-процентного раствора перманганата калия. В первой пробирке выпадает металлическое серебро (реакция «серебряного зеркала»), во второй - раствор окрашивается в зеленый цвет (в щелочной среде $KMnO_4$ восстанавливается в соль марганцовистой кислоты).

Напишите уравнения реакций и подберите к ним коэффициенты.

Опыт 4. Свойства четыреххлористого углерода

Реактивы: четыреххлористый углерод, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 20-процентный раствор азотной кислоты, 1-процентный раствор нитрата серебра, этиловый спирт (или другое легко воспламеняющееся органическое вещество), подсолнечное масло (или другой жир).

Оборудование: фарфоровая чашка, асбестовая сетка, медная проволока, штатив с пробирками.

Четыреххлористый углерод широко используется как растворитель жиров, масел, смол, каучука. Ценным свойством, отличающим его от большинства органических растворителей, является негорючесть. На этом свойстве основано его применение в огнетушителях для тушения пожаров на химических предприятиях, в лабораториях, книгохранилищах и др.

1) *Растворение жира в четырёххлористом углероде.* В пробирку наливают 1 мл CCl_4 и добавляют 1 каплю подсолнечного масла или другого жира. Взбалтывают смесь. Результат опыта записывают в журнал.

2) *Тушение огня.* В фарфоровую чашку наливают 2 мл этилового спирта (или другого легко воспламеняющегося органического вещества), ставят чашку на асбестовую сетку и поджигают спирт. (*Осторожно! Тяга!*) Гасят «пожар» четыреххлористым углеродом.

3) *Гидролиз четырёххлористого углерода.* В пробирку наливают несколько капель CCl_4 и 2-3 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия, осторожно нагревают смесь 1-2 минуты до начинающегося кипения (при взбалтывании реакционной смеси). Затем охлаждают, сливают щелочную жидкость в другую пробирку, подкисляют ее 20-процентным раствором азотной кислоты и добавляют несколько капель 1-процентного раствора нитрата серебра. Какое вещество выпадает в осадок? Объясните его образование. Запишите необходимое уравнение реакции.

Лабораторная работа № 9
Одноатомные спирты

Опыт 1. Растворимость спиртов, отношение их к индикаторам, горение

Реактивы: этиловый спирт, пропиловый спирт, бутиловый спирт, амиловый спирт, раствор иода в иодиде калия (1-процентный раствор), 1-процентный спиртовый раствор фенолфталеина, синяя и красная лакмусовая бумага.

Оборудование: фарфоровые чашки (или фарфоровые тигли), лучинка.

1) *Растворимость спиртов.* В 4 пробирки наливают по 0,5 мл спиртов: этилового, пропилового, бутилового и амилового. Отмечают запах спиртов. Амиловый спирт раздражает дыхательные пути, вызывает кашель, поэтому нюхать спирты необходимо осторожно. В каждую пробирку добавляют по 1 мл воды и содержимое пробирок встряхивают. Сделайте вывод о растворимости спиртов в воде.

Амиловый (изоамиловый) спирт, подобно маслу, всплывает на поверхность воды. Отсюда и возникло название «сивушное масло», под которым понимают смесь высокомо-

лекулярных одноатомных спиртов, в том числе и амилового и изоамилового. Высшие спирты могут образоваться при спиртовом брожении, поэтому при разбавлении водой плохо очищенного от сивушного масла этилового спирта происходит помутнение раствора.

2) *Отношение спиртов к индикаторам.* Из каждой пробирки стеклянной палочкой наносят по капле раствора на синюю и красную лакмусовую бумагу. В пробирки добавляют по 1 капле раствора фенолфталеина. Изменяется ли окраска индикатора?

3) *Горение спиртов.* В фарфоровые чашки (или тигли) наливают по 2 мл спиртов, располагая их в порядке увеличения молекулярной массы. Поджигают спирты лучинкой и сравнивают характер пламени. Объясните опыт. Рассчитайте процентное содержание углерода в спиртах, использованных для опыта. Напишите уравнения реакций горения спиртов и раасчитайте содержание в них углерода.

4) *Растворение йода в спирте.* В пробирки со спиртами добавляют по 0,5 мл раствора иода в иодиде калия и встряхивают их. Что вы наблюдаете?

Опыт 2. Абсолютирование этилового спирта

Реактивы: этиловый спирт (ректификат), сульфат меди (II) кристаллический.

Оборудование: фарфоровые чашки или тигли, штатив с пробирками.

В маленькую фарфоровую чашку или тигель помещают примерно 1 г кристаллического сульфата меди (II) и прокаливают его в пламени горелки до исчезновения голубой окраски.

В сухую пробирку наливают 2-3 мл этилового спирта (ректификата) и вносят в него полученный безводный сульфат меди (II) (белого цвета). Слегка нагревают пробирку и размешивают ее содержимое. (Почему изменяется цвет сульфата меди?) Полученный абсолютный этиловый спирт переливают в сухую пробирку. Его используют для получения алкоголята натрия (опыт 4).

Сколько процентов воды содержится в этиловом спирте (ректификате)? Почему воду нельзя удалить перегонкой?

Опыт 3. Высаливание этилового спирта из его водного раствора

Реактивы: этиловый спирт (ректификат), карбонат калия (или тиосульфат натрия кристаллический).

Оборудование: фарфоровые чашки, пипетки, лучинки, штатив с пробирками.

В пробирку наливают 2,5 мл этилового спирта и при встряхивании добавляют 2,5 мл воды. Смесь разогревается. 1-1,5 мл полученного раствора отливают в фарфоровую чашку и подносят к нему зажженную лучинку.

Загорается ли разбавленный этиловый спирт?

К остатку в пробирке добавляют примерно 2 г порошкообразного карбоната калия (или тиосульфата натрия), энергично взбалтывают содержимое пробирки и ставят пробирку в штатив. Через некоторое время в пробирке образуются два слоя. Верхний слой (этиловый спирт) пипеткой переносят в фарфоровую чашку и снова подносят к нему горящую лучинку. Воспламеняется ли спирт? Затем исследуют на горючесть нижний слой. Объясните результаты опыта.

Опыт 4. Образование и гидролиз алкоголятов натрия

Реактивы: этиловый спирт (абсолютный), пропиловый (или изопропиловый) спирт, амиловый (или изоамиловый) спирт, металлический натрий, 1-процентный спиртовой раствор фенолфталеина.

Оборудование: прямые газоотводные трубки с оттянутыми концами.

В три сухие пробирки наливают по 2 мл спиртов: в первую – абсолютный этиловый, во вторую – пропиловый (или изопропиловый), в третью – амиловый (или изоамиловый). В каждую пробирку вносят по маленькому кусочку (размером с горошину) очищенного от оксидного слоя металлического натрия. Пробирки закрывают пробками с газоотводными трубками, концы которых оттянуты.

Почему для этого опыта нельзя брать ректификат, а нужно брать абсолютный

спирт? Отметьте, в какой пробирке реакция идет наиболее интенсивно, а в какой – медленно.

Через 1-2 минуты после начала реакции поджигают выделяющийся газ у отверстий газоотводных трубок. Если реакция этанола с натрием сильно замедлится, можно слегка подогреть пробирку.

Напишите уравнения реакций спиртов с металлическим натрием. Как расщепляется σ-связь О-Н в этой реакции? Какие свойства спиртов (основные, кислотные) проявляются в реакции с металлическим натрием? Почему спирты реагируют с натрием спокойнее, чем вода?

В пробирки добавляют по 1 капле раствора фенолфталеина. Изменяется ли окраска индикатора?

Доводят реакцию этанола с натрием до конца. Для этого открывают пробирку (снимают пробку) и осторожно подогревают ее. На дне пробирки образуется белый твердый этилат натрия, (кусочков натрия в пробирке быть не должно!) Добавляют в пробирку 1-1,5 мл воды и растворяют в ней этилат натрия. Если окраска не появляется, добавляют 1 каплю раствора фенолфталеина.

Напишите уравнение реакции этилата натрия с водой. Объясните, почему появляется окраска при добавлении фенолфталеина.

Опыт 5. Реакции окисления спиртов

Реактивы: этиловый спирт, изопропиловый спирт, хромовая смесь, перманганат калия, концентрированная серная кислота.

Оборудование: пипетки, штатив с пробирками.

1) *Окисление спиртов хромовой смесью.* В две пробирки наливают по 2-3 мл хромовой смеси и по каплям при встряхивании добавляют в одну пробирку 0,5 мл этилового спирта (Осторожно! Смесь сильно разогревается!), а во вторую – 0,5 мл изопропилового спирта. Цвет растворов меняется из оранжевого в зеленый, в пробирке с этиловым спиртом ощущается запах уксусного альдегида, напоминающий запах яблок (нюхать осторожно!), а в пробирке с изопропиловым спиртом – запах ацетона.

Напишите уравнения реакций окисления хромовой смесью этилового спирта в уксусный альдегид, а изопропилового спирта – в ацетон. Подберите коэффициенты.

2) *Окисление этилового спирта перманганатом калия. (Тяга!)* В сухую пробирку, закрепленную в штативе, пипеткой аккуратно, не смачивая стенок, вносят 5 мл концентрированной серной кислоты. Затем по стенке другой пипеткой осторожно приливают 5 мл этилового спирта так, чтобы получилось два слоя. После этого насыпают 1-1,5 г$KMnO_4$. Через несколько минут на границе двух слоев появляются яркие вспышки, ощущается запах уксусного альдегида.

Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта в уксусный альдегид перманганатом калия и подберите коэффициенты.

Лабораторная работа № 10

Многоатомные спирты, простые эфиры, сложные эфиры минеральных кислот

Опыт 1. Получение и горение диэтилового эфира

Реактивы: смесь этилового спирта и концентрированной кислоты (1:1), этиловый спирт.

Оборудование: пипетки, прямые газоотводные трубки с оттянутыми концами, штатив с пробирками.

В сухую пробирку наливают 3 мл смеси этилового спирта и концентрированной серной кислоты (1:1) и осторожно нагревают ее до начинающегося кипения. После этого горелку убирают и к горячей смеси приливают по стенке пробирки из пипетки 5-10 капель этилового спирта. Образующийся диэтиловый эфир обнаруживают по запаху.

Затем пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, снова осторожно нагревают пробирку и поджигают выделяющийся эфир. Почему диэтиловый эфир горит светящимся пламенем в отличие от этилового спирта?

Вычислите процентное содержание углерода в диэтиловом эфире.

Напишите уравнение реакции получения диэтилового эфира и рассмотрите ее механизм.

Опыт 2. Сложные эфиры минеральных кислот.

Реактивы: этиловый спирт, концентрированная серная кислота, 10-процентный раствор серной кислоты, раствор соляной кислоты (1:1), карбонат бария, 5-процентный раствор гидроксида натрия, борная кислота.

Оборудование: химические стаканы (50-100 мл), прямые газоотводные трубки с оттянутыми концами, водяные бани, лакмусовая бумага, химические воронки, фильтры, кипятильники, штатив с пробирками.

1) *Получение и свойства этилсерной кислоты.* В пробирку к 1 мл этилового спирта осторожно, по каплям при встряхивании добавляют 1 мл концен В пробирку к 1 мл этилового спирта осторожно, по каплям при встряхивании добавляют 1 мл концентрированной серной кислоты. Разогревшуюся смесь нагревают 2-3 минуты на водяной бане, затем охлаждают. Полученный раствор выливают в небольшой стакан с 25 мл воды и нейтрализуют небольшими порциями сухого $BaCO_3$. Смесь перемешивают стеклянной палочкой (реакционная смесь вспенивается – выделяется CO_2). Когда выделение CO_2 прекратится, реакция должна быть нейтральной (по лакмусу).

Напишите уравнения реакций образования этилсерной кислоты и бариевой соли этилсерной кислоты.

Часть жидкости отфильтровывают через плотный фильтр в две пробирки. В одну из них добавляют немного 10-процентного раствора серной кислоты; выпадает осадок.

Напишите уравнение реакции его образования. Какие ионы находятся в фильтрате?

К другой части фильтрата добавляют 1 мл раствора соляной кислоты (1:1) и нагревают прозрачный кислый раствор на кипящей водяной бане. Через несколько минут выделяется осадок сульфата бария.

Напишите уравнение реакции гидролиза в кислой среде бариевой соли этилсерной кислоты. При комнатной температуре гидролиз идет медленно: осадок $BaSO_4$выделяется лишь через несколько дней.

2) *Получение этилового эфира борной кислоты.* В сухой пробирке прокаливают 1г борной кислоты до полного её обезвоживания (пробирку необходимо держать в горизонтальном положении и периодически всю её прогревать для удаления капелек воды). После полного расплавления кристаллов кислоты пробирку охлаждают. К затвердевшему плаву (оксиду бора (III)) добавляют 2,5мл этилового спирта и 1мл конц. серной кислоты. В пробирку добавляют кипятильники, закрывают её пробкой с прямой газоотводной трубкой с оттянутым концом. Осторожно нагревают смесь в пламени горелки, выделяющиеся пары эфира поджигают у конца газоотводной трубки.

Отметьте характер горения и запишите уравнения происходящих реакций.

Опыт 3. Свойства глицерина и этиленгликоля

Реактивы: глицерин, этиленгликоль, 2-процентный раствор сульфата меди (II), 10-процентный раствор гидроксида натрия, раствор серной кислоты (1:1), гидросульфат калия.

Оборудование: штатив с пробирками, пипетки.

1) *Получение глицерата меди и гликолята меди*. В пробирку наливают 3-4 капли 2-процентного раствора $CuSO_4$ и 2-3 мл 10-процентного раствора NaOH. К образовавшемуся осадку голубого цвета приливают несколько капель глицерина и смесь перемешивают. Осадок растворяется, и появляется васильковое окрашивание раствора от образующегося комплексного соединения – глицерата меди. Напишите уравнения происходящих реакций, укажите, какие свойства глицерина проявляются.

Опыт повторяют, но вместо глицерина вводят в реакцию этиленгликоль. Напишите уравнение реакции образования гликолята меди.

2) *Дегидратация глицерина* – образование акролеина (тяга!) В сухую пробирку

насыпают слоем в 1 см$KHSO_4$и смачивают его двумя каплями глицерина. Смесь сильно нагревают – до образования тяжелых паров акролеина с едким запахом. (Нюхать осторожно!) Гидросульфат калия при сильном нагревании превращается в пиросульфат калия $K_2S_2O_7$, который отнимает воду.

Напишите схему реакции дегидратации глицерина (образования акролеина).

Экспериментальная задача.

В двух пробирках находятся: а) этиловый спирт и б) раствор глицерина. Определите с помощью химических реакций, какое вещество находится в каждой пробирке.

Лабораторная работа №11
Ароматические углеводороды

Опыт 1. Получение бензола из бензоата натрия

Реактивы: натронная известь, бензоат натрия.

Оборудование: лёд, изогнутые газоотводные трубки, ступки, стеклянные палочки, стаканы на 100 мл, стаканы.

В ступке тщательно растирают 1г бензоата натрия и 2г натронной извести. Смесь помещают в сухую пробирку, закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой и закрепляют пробирку в лапке штатива с наклоном в сторону пробки. Конец газоотводной трубки опускают в пробирку-приёмник, охлаждаемую водой со льдом. Прогревают сначала всю пробирку, а потом только ту часть, в которой находится реакционная смесь. Образующийся бензол собирают в пробирку-приёмник. Обнаруживают по характерному запаху и горючести. Для этого стеклянную палочку смачивают дистиллятом и подносят к пламени горелки.

Опыт 2. Окисление ароматических углеводородов

Реактивы: бензол, толуол, 5-процентный раствор перманганата калия, 2н раствор серной кислоты, бензоат натрия.

Оборудование: водяная баня.

В две пробирки помещают по 1 мл раствора перманганата калия и по 1 мл разбавленной серной кислоты. Затем в одну из них добавляют бензол, а в другую – толуол. Пробирки закрывают пробками с вертикальными газоотводными трубками и нагревают на водяной бане. В одной из пробирок наблюдается побурение и выпадение осадка, а в другой не происходит никаких изменений.

Напишите уравнение реакции перманганата калия с толуолом. Объясните причину различного отношения бензола и толуола к перманганату калия. Следует заметить, что бензол может содержать примеси, способные изменять окраску перманганата калия, поэтому для опыта следует брать предварительно очищенный бензол.

Опыт 3. Бромирование ароматических углеводородов

Реактивы: бензол, толуол, бромная вода, бром, четыреххлористый углерод.

Оборудование: водяная баня, синяя лакмусовая бумага.

1) *Бромирование бензола* (*тяга!*). В две пробирки помещают по 1 мл бензола и 1 мл раствора брома в четыреххлористом углероде (1 мл брома и 5 мл четыреххлористого углерода). В одну из пробирок добавляют немного железных опилок (на кончике шпателя). Пробирки закрывают пробками с вертикальными газоотводными трубками и после этого нагревают на тёплой водяной бане. Через некоторое время в одной из пробирок происходит обесцвечивание реакционной смеси. Открывают пробирки и подносят к отверстию влажную лакмусовую бумагу, отмечают при этом цвет индикатора. Делают вывод: в какой из пробирок происходят изменения.

Через 5-10 минут после начала реакции в реакционную смесь опускают полоску фильтровальной бумаги, которую затем высушивают на воздухе. На бумаге остаётся бромбензол, отличающийся по запаху от исходного бензола.

Напишите уравнение реакции и объясните происходящие изменения. Рассмотрите механизм реакции. Какие изомеры могут получиться при дальнейшем бромировании бензола?

2) *Бромирование бензола и толуола*. Повторяют предыдущий опыт, но вместо бензола в пробирки вносят толуол. Пробирку, не содержащую железных опилок, нагревают на кипящей водяной бане.

В отличие от предыдущего опыта, реакции идут в обеих пробирках: в отсутствии катализатора идёт замещение в боковой цепи, в присутствии – в кольце.

Рассмотрите механизмы происходящих реакций. Объясните роль катализатора и ориентирующее влияние алкильных радикалов в реакциях электрофильного замещения с точки зрения статического и динамического подходов.

Опыт 3. Нитрование ароматических углеводородов

Реактивы: бензол, концентрированные азотная и серная кислоты.

Оборудование: водяная баня, лёд.

1) *Нитрование бензола* (*тяга!*). В маленькой колбе смешивают 4 мл концентрированной серной кислоты (плотность 1,84 г/см^3) с 3 мл концентрированной азотной кислоты (плотность 1,4 г/см^3). К полученной смеси приливают по каплям 3 мл бензола, сильно встряхивают содержимое колбы (температура не должна подниматься выше 40ºС), охлаждая в случае необходимости водой. Закрыв колбу пробкой с воздушным холодильником, нагревают ее 15 минут на водяной бане до 60ºС, часто встряхивая. Затем реакционную смесь охлаждают и выливают в стакан с 20 мл ледяной воды, при этом образуются 2 слоя. Водный слой сливают, а выпавшее на дне масло (нитробензол) дважды промывают водой. После отделения от воды сырой нитробензол переливают в сухую пробирку, добавляют 2-3 кусочка прокаленного $CaCl_2$ и нагревают смесь на водяной бане, пока нитробензол не станет прозрачным. Перегоняют нитробензол из маленькой колбы Вюрца или пробирки с нисходящей трубкой при 207-211ºС. (*Нитробензол нельзя перегонять досуха! Возможен взрыв!*)

Напишите уравнение нитрования бензола. Какова роль серной кислоты при нитровании ароматических соединений? Объясните механизм нитрования ароматических соединений.

Опыт 4. Сульфирование ароматических углеводородов

Реактивы: бензол, толуол, концентрированная серная кислота.

Оборудование: химические стаканы на 50 мл, водяная баня.

В пробирки помещают по 1 мл каждого из углеводородов и по 4 мл концентрированной серной кислоты. Пробирки закрывают пробками с вертикально вставленными трубками и нагревают на кипящей водяной бане, часто встряхивая смесь. В пробирке с толуолом наблюдается постепенное растворение углеводорода, в пробирке с бензолом никаких изменений не происходит. Когда растворение закончится, то пробирки охлаждают и вещества из них выливают в стаканы, содержащие по 20 мл воды.

Отметьте вид получившейся смеси. Выделяется ли исходный углеводород или продукт реакции? Сделайте вывод о легкости сульфирования различных углеводородов. Объясните механизм реакции сульфирования толуола и влияние алкильного радикала.

Лабораторная работа № 12
Ароматические углеводороды с конденсированными бензольными ядрами
Вопросы для подготовки к занятию

Опыт 1. Нафталин.

Реактивы: нафталин, концентрированная азотная кислота (1, 4), концентрированная серная кислота, спирт.

Оборудование: стаканы химические на 50 мл, колба Бунзена, воронка Бюхнера, водяная баня.

1) *Нитрование нафталина.* В пробирку добавляют к 4 мл концентрированной азотной кислоты 1 г нафталина при частом встряхивании. Смесь нагревают на кипящей водяной бане до полного растворения нафталина, а затем выливают в 20 мл холодной воды. Выделяются желтые кристаллы α-нитронафталина. Кристаллы отсасывают, промывают водой и перекристаллизовывают из разбавленного спирта, температура плавления α-

нитронафталина 61^0С.

2) *Сульфирование нафталина.* В пробирку помещают 1 г нафталина и нагревают его до плавления. После охлаждения к нафталину добавляют 1 мл концентрированной серной кислоты. Смесь осторожно нагревают при встряхивании до образования однородной жидкости. Затем её охлаждают, прибавляют 2—3 мл воды и снова нагревают. При охлаждении выделяется β-нафталинсульфокислота. В избытке воды кислота полностью растворяется.

В пробирку помещают 1 г нафталина и 1 мл концентрированной серной кислоты и нагревают на кипящей водяной бане в течение 10-15 мин. Смесь при этом встряхивают, возгоняющийся нафталин сбрасывают со стенок обратно в жидкость. После растворения нафталина смесь охлаждают и к ней осторожно добавляют 2-3 мл воды. Наблюдается полное растворение α -нафталинсульфокислоты.

Напишите уравнения нитрования и сульфирования нафталина. Объясните влияние температуры реакции на место вступления сульфогруппы в ароматическое кольцо нафталина. Обратите внимание на различие в свойствах α - и β-сульфокислот нафталина.

Опыт 2. α - и β- Нафтолы.

Реактивы: α - и β- нафтолы, этиловый спирт, 3-процентный раствор хлорида железа (III), 10-процентный раствор гидроксида натрия, йодистый метил, хлористый бензоил, уксусный ангидрид, 5-процентный раствор карбоната натрия, 1-процентный раствор перманганата калия, хлороформ.

Оборудование: пипетки, колба Бунзена, воронка Бюхнера, водяная баня, обратный холодильник.

1) *Окислениеа-, β- нафтолов.* В двух пробирках растворяют по 0,2 г α - и β-нафтолов в 3 мл раствора карбоната натрия. Постепенно при встряхивании прибавляют раствор перманганата калия. Происходит обесцвечивание растворов.

Чем вызвано обесцвечивание растворов? Объясните происходящие процессы.

2) *Взаимодействие а-, β-нафтолов с хлоридом железа (III).* Кристаллики - α и β-нафтола при нагревании растворяют в двух пробирках с 1-2 мл спирта. К полученным растворам прибавляют по капле раствора хлорида железа (III). В пробирке с α- нафтолом появляется фиолетовое окрашивание, а с β-нафтолом - темно-зеленое. Чем объясняется появление интенсивного окрашивания?

3) *Образование нафтолятов.* В пробирки помещают 0,1 г α -или β-нафтола и смешивают с водой. Заметного растворения не наблюдается. К смеси добавляют раствор гидроксида натрия. При этом наблюдается растворение осадка.

Напишите уравнение реакции гидроксида натрия с нафтолами. Какие свойства проявляет нафтол в этой реакции?

4) *Бензоилирование β-нафтола.* В пробирке растворяют (тяга!) 0,3 г β-нафтола в 5 мл 40-процентного раствора гидроксида натрия и добавляют по каплям при сильном встряхивании 0,4 мл хлористого бензоила. Затем смесь осторожно нагревают на горелке (продолжая встряхивать пробирку) до тех пор, пока растворится весь хлористый бензоил. Смесь охлаждают. Выпадают кристаллы бензонафтола. Его отфильтровывают, промывают разбавленным раствором гидроксида натрия, водой, высушивают. Перекристаллизовывают из этилового спирта. Определяют температуру плавления (т. пл. 107-108°С).

5) *Ацилирование β- нафтола.* В пробирке растворяют 1 г β-нафтола в 5 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия. При охлаждении и встряхивании добавляют 1 мл уксусного ангидрида. Пробирку закрывают пробкой и еще раз встряхивают. Выпадают кристаллы β- нафтилацетата. Кристаллы отсасывают, промывают водой и перекристаллизовывают из разбавленного спирта (т. пл. 68°С).

Напишите уравнение реакции бензоилирования и ацилирования β-нафтола. Объясните механизм этой реакции. Какова роль гидроксида натрия в этих реакциях?

6) *Получение эфира β- нафтола (неролин).* К раствору 0,5 г β- нафтола в 2,5 мл гидроксида натрия прибавляют 1,5 мл йодистого метила. Смесь нагревают в пробирке с об-

ратным холодильником в течение 20—25 мин на водяной бане. Затем смесь охлаждают, добавляют воды. Выпадает масло, закристаллизовывающееся при трении стеклянной палочкой о стенки пробирки. Метиловый эфир β- нафтола обладает приятным запахом.

Рассмотрите механизм образования эфира β- нафтола. Какова роль щелочи в этой реакции?

7) *Качественная реакция на β- нафтол*. В пробирке растворяют 0,1 г β-нафтола в 2,5 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия, прибавляют 0,5 мл хлороформа. Смесь сильно встряхивают. При этом раствор сначала окрашивается в синий цвет, затем в зеленый и, наконец, в коричневый.

Опыт 3. Субстантивное (прямое) крашение.

Реактивы: конго красный, разбавленная соляная кислота (1:1), 2 н. раствор карбоната натрия.

Оборудование: стакан химический на 50 мл, кусочки белой хлопчатобумажной ткани.

В стакан на 50 мл помещают раствор конго красного и кусочек хлопчатобумажной ткани. Смесь нагревают до кипения. Окрашенную в красный цвет ткань промывают водой, а затем погружают в стакан с разбавленной кислотой. Ткань окрашивается в синий цвет. При погружении ткани в раствор карбоната натрия снова появляется красная окраска.

Напишите уравнение реакции получения конго красного и структурные формулы его в кислой и щелочной среде.

Опыт 4. Антрацен.

1) *Нитрование антрацена.*

Реактивы: антрацен, ледяная уксусная кислота, 20-процентный раствор нитрата аммония, концентрированная серная кислота, оксид хрома (VI), антрахинон, цинковая пыль.

*Оборудование:*колба Бунзена, воронка Бюхнера.

Небольшое количество антрацена растворяют при нагревании в 3-4 мл ледяной уксусной кислоты. К полученному теплому раствору осторожно приливают 1 мл 20-процентного раствора нитрата аммония в концентрированной серной кислоте. Смесь перемешивают. Образуется ярко-желтый осадок нитроантрацена. Если осадок плохо выделяется, то выливают смесь в холодную воду.

Напишите уравнение реакции нитрования антрацена.

2) *Окисление антрацена.*

В пробирке растворяют 0,1 г антрацена в 3 мл ледяной уксусной кислоты. К раствору прибавляют 2 мл оксида хрома (VI) в ледяной уксусной кислоте. Вначале реакция идет бурно; когда реакция замедляется, смесь нагревают 5 мин и выливают в стакан с водой. Выделяется желтый осадок антрахикона. Осадок отсасывают, промывают водой на фильтре.

3) *Восстановление антрахинона.*

В пробирку помещают часть полученного антрахинона, 3 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия, немного цинковой пыли и смесь нагревают до кипения. Появляется красная окраска антрагидрохинона. При взбалтывании раствора цвет исчезает, так как происходит окисление антрагидрохинона до антрахинона кислородом воздуха.

Напишите схемы реакций окисления антрацена и восстановления антрахинона.

Лабораторная работа № 13

Фенолы

Вопросы для подготовки к занятию

Опыт 1. Реакция фенолов с хлоридом железа (III)

Реактивы: 1-процентный раствор фенола, 1-процентный раствор *м*-крезола, 1-процентный раствор *п*-крезола, 1-процентный раствор пирогаллола, 1-процентный раствор резорцина, 1-процентный раствор гидрохинона, 1-процентный раствор пирокатехина, 1-

процентный раствор хлорида железа (III), этиловый спирт, соляная кислота (конц).

Оборудование: пипетки.

Опыт проводят с каждым из фенолов. В каждую пробирку приливают по 1 мл раствора соответствующего фенола и прибавляют каплю хлорида железа (III). Появляется интенсивное окрашивание: для фенола – фиолетовое, для *м*-крезола – красно-фиолетовое, для *п*-крезола – темно-синее, для пирокатехина и гидрохинона – зелёное, для резорцина - фиолетовое.

Напишите уравнения взаимодействия фенолов с хлоридом железа (III). Чем объясняется появление яркой окраски?

Содержимое пробирки с фенолом и хлоридом железа (III) разделить на две части. К одной добавить несколько капель спирта, к другой – раствора соляной кислоты. Объясните, почему исчезает окраска в опытах со спиртом и соляной кислотой.

Опыт 2. Реакция фенола с азотистой кислотой

Реактивы: 5-процентный раствор фенола, 5-процентный раствор нитрита натрия, концентрированная серная кислота.

Оборудование: пипетки.

В пробирку помещают 0,5 мл концентрированной серной кислоты и при охлаждении добавляют 2-3 капли раствора фенола. К полученному бесцветному раствору при охлаждении прибавляют каплю раствора нитрита натрия. Образуется интенсивно окрашенная смесь. Напишите уравнение реакции.

Опыт 3. Образование и разложение фенолятов

Реактивы: фенол, 2 н раствор *гидроксида натрия*, 2 н раствор карбоната натрия, 2 н раствор серной кислоты.

1) *Образование и гидролиз фенолятов.* К 0,1-0,3 г фенола прибавляют 1-2 мл раствора гидроксида натрия. Постепенно происходит растворение фенола. Смесь нагревают до получения однородной жидкости. К охлажденному раствору приливают разбавленную серную кислоту. Наблюдают помутнение раствора. Напишите уравнение реакции образования фенолята натрия. Объясните причину помутнения смеси при реакции с серной кислотой.

2) *Реакция фенола с солями угольной кислоты.* Для проведения опыта в две пробирки помещают по 0,1-0,2 г фенола. В одну приливают 1-2 мл раствора карбоната натрия, а в другую – такой же объем гидрокарбоната натрия. Наблюдается ли растворение фенола и образование однородной жидкости в обеих пробирках? О чем свидетельствует этот опыт? Напишите уравнение реакции карбоната натрия с фенолом. Какие свойства проявляет фенол при реакции со щелочами и карбонатом натрия?

Опыт 4. Реакции электрофильного замещения в фенолах. Бромирование

Реактивы: 5-процентный раствор фенола, бромная вода.

Оборудование: пипетки.

В пробирку помещают 1 мл водного раствора фенола и при встряхивании по каплям прибавляют бромную воду. Раствор обесцвечивается и выпадает белый осадок. При добавлении избытка бромной воды осадок превращается в желтый.

Напишите уравнение реакции бромирования фенола и рассмотрите механизм данного процесса. Сравните легкость бромирования фенола, бензола и толуола. Какой продукт образуется при действии избытка бромной воды на трибромфенол?

Опыт 5. Получение и свойства пикриновой кислоты

Реактивы: фенол, концентрированная серная кислота, азотная кислота (плотность 1,5 г/см^3), глюкоза, карбонат натрия.

Оборудование: водяная баня.

1) *Получение пикриновой кислоты*. В пробирке осторожно смешивают 0,5г фенола с 1,5мл концентрированной серной кислоты (*тяга!*), затем смесь нагревают до получения однородной жидкости. Охлажденную жидкость осторожно переливают в пробирку, содержащую 2 мл воды, и постепенно приливают дымящую азотную кислоту. Раствор

окрашивается в темно-красный цвет. Затем смесь нагревают 15 минут на водяной бане, и после охлаждения разбавляют равным объемом воды. Выделяются желтые кристаллы пикриновой кислоты.

2) С*войства пикриновой кислоты.* В пробирку помещают несколько кристаллов пикриновой кислоты, 3 мл раствора карбоната натрия и 0,1г глюкозы. Смесь нагревают и кипятят несколько минут. Окраска меняется до кроваво-красной, а при подкислении становится оранжево-желтой.

Напишите уравнение реакции нитрования фенола при получении пикриновой кислоты. Чем вызвано изменение окраски раствора при реакции пикриновой кислоты с глюкозой? Объясните переходы окраски в зависимости от pH раствора.

Опыт 6. Сульфирование фенола

Реактивы: фенол, концентрированная серная кислота.

Оборудование: водяная баня.

К 3 мл концентрированной серной кислоты постепенно при встряхивании прибавляют 2г фенола. (*Осторожно! Фенол вызывает ожоги!*) Смесь разливают в две пробирки. В одну из них постепенно добавляют 3-5 мл холодной воды. При этом фенол выделяется в виде мути, появляется запах. Другую пробирку с однородной смесью нагревают на водяной бане 5 минут и после охлаждения ее выливают в 10 мл холодной воды. Полученная смесь остается однородной, запах фенола отсутствует.

Объясните происхождение изменений в смеси. Напишите уравнение сульфирования фенола. Какого типа эта реакция?

Опыт 7. Восстановительные свойства многоатомных фенолов

Реактивы: 5-процентные растворы пирокатехина, резорцина, гидрохинона, пирогаллола, аммиачный раствор оксида серебра.

Оборудование: водяная баня.

В каждую из пробирок, содержащих по 1 мл всех растворов многоатомных фенолов, добавляют аммиачный раствор оксида серебра (0,5 мл) и нагревают на водяной бане. Появляется черный осадок.

Объясните происходящие изменения в пробирках.

Опыт 8. Окисление фенолов

Реактивы: растворы фенола, пирокатехина, резорцина, гидрохинона, пирогаллола, 1-процентный раствор перманганата калия, 5-процентный раствор карбоната натрия, 1-процентный раствор нитрата серебра.

Оборудование: водяная баня, пипетки, предметные стёкла.

1) *Окисление фенола*. К раствору карбоната натрия прибавляют водный раствор фенола. Затем при взбалтывании приливают по каплям раствор перманганата калия. Раствор обесцвечивается, и выпадает бурый осадок. Объясните наблюдаемое изменение окраски.

2) *Окисление многоатомных фенолов*. На предметное стекло наносят по капле растворов многоатомных фенолов. К каждому из растворов добавляют по 1 капле 1-процентного раствора нитрата серебра. Происходит восстановление серебра. Скорость реакции различна. Очень медленно восстанавливает серебро резорцин, гидрохинон и пирокатехин – интенсивнее. Быстрее всего окисляется пирогаллол. Его раствор становится коричневым и на поверхности выделяется плёнка металлического серебра.

Лабораторная работа № 14
Альдегиды и кетоны

Опыт 1. Получение альдегидов и некоторые цветные реакции на них.

Реактивы: этиловый спирт, 10-процентный раствор формальдегида, 10-процентный раствор уксусного альдегида, фуксинсернистая кислота, концентрированная соляная кислота, 2-процентный водный раствор нитропруссида натрия, ацетон, 10-процентный раствор NaOH .

Оборудование: спираль из медной проволоки, пипетки, изогнутые трубки.

1) *Реакция альдегидов с фуксинсернистой кислотой.* В пробирку наливают 1 мл раствора фуксинсернистой кислоты и добавляют несколько капель 10-процентного раствора формальдегида. Пробирку ставят в штатив. Во вторую пробирку к фуксинсернистой кислоте добавляют такое же количество 10-процентного раствора уксусного альдегида и тоже оставляют ее. Через несколько минут в пробирке с формальдегидом появляется фиолетовая окраска, а в пробирке с уксусным альдегидом - розово-фиолетовая.

При добавлении к окрашенным растворам по 0,5 мл концентрированной соляной кислоты происходят следующие изменения: окраска в пробирке с формальдегидом переходит в фиолетово-синюю. А в пробирке с уксусным альдегидом через несколько минут она исчезает.

Объясните результаты опыта. Что собой представляет фуксинсернистая кислота? Почему при добавлении альдегидов к бесцветной фуксинсернистой кислоте появляется окраска?

2) *Цветная реакция на формальдегид с резорцином.* В пробирку наливают 3 мл 0,5-процентного раствора резорцина и 1 мл 10-процентного раствора формальдегида. Пипеткой осторожно по стенке добавляют 1-2 мл концентрированной серной кислоты. На границе двух жидкостей появляется малиновое кольцо.

3) *Получение уксусного альдегида окислением этилового спирта оксидом меди (II).* Для получения уксусного альдегида смачивают спиртом стенки сухой пробирки. Нагревают спираль из медной проволоки в пламени газовой горелки до образования на ее поверхности черного налета оксида меди (II). Раскаленную докрасна спираль опускают в подготовленную пробирку. Эту операцию повторяют несколько раз. Этиловый спирт превращается в уксусный альдегид, имеющий резкий запах. (*Нюхать осторожно!*) В небольших концентрациях уксусный альдегид пахнет яблоками. Обнаруживают его цветной реакцией с фуксинсернистой кислотой.

Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта в уксусный альдегид оксидом меди (II).

4) Реакция альдегидов и кетонов с нитропруссидом натрия. В две пробирки наливают по 1 мл дистиллированной воды, затем в одну из них добавляют 0,5 мл уксусного альдегида, в другую – такой же объём ацетона. К полученным растворам приливают по 0,5 мл раствора нитропруссида натрия $Na_2[Fe(CN)_5NO]$ и 0,5 мл 10-процентного раствора NaOH.. Наблюдают появление красно-фиолетового окрашивания, которое при стоянии переходит в жёлтое, а в случае ацетона – в вишнево-красное.

Следует отметить, что более яркое окрашивание дают кетоны. Цветная реакция на ацетон с нитропруссидом натрия (проба Легаля) применяется в медицине.

Опыт 2. Получение ацетона

Реактивы: ацетат кальция, ацетон, свежеприготовленный, концентрированная уксусная кислота.

Оборудование: пробирки, пробки с изогнутыми газоотводными трубками.

1) *Получение ацетона пиролизом ацетата кальция*. В сухую пробирку насыпают безводный ацетат кальция (3-4см высотой), равномерно распределяют его по нижней стенке пробирки. Пробирку закрывают пробкой, изогнутой под тупым углом, закрепляют в лапке штатива с наклоном в сторону пробки. Конец газоотводной трубки опускают в пробирку – приёмник с 1,5-2мл дистиллированной воды. Сначала прогревают всю пробирку, затем прокаливают её, начиная со дна. Соль плавится, затем разлагается с образованием ацетона.

Опыт 3. Реакции нуклеофильного присоединения к карбонильной группе

Реактивы: насыщенный раствор гидросульфита натрия $NaHSO_3$, ацетон, 10-процентный раствор HCl, 10-процентный раствор Na_2CO_3.

Оборудование: лед, предметные стекла, микроскоп.

В пробирку наливают 3 мл насыщенного раствора гидросульфита натрия и при энергичном встряхивании добавляют 1 мл ацетона. Смесь разогревается. При ее охлажде-

нии в ледяной воде выпадает кристаллический осадок. Если осадок сразу не появляется, то кристаллизацию вызывают потиранием стеклянной палочкой стенки пробирки. Переносят немного кристаллов гидросульфитного соединения ацетона на предметное стекло и рассматривают их форму под микроскопом при увеличении в 120 раз.

Напишите уравнение реакции ацетона с гидросульфитом натрия и рассмотрите ее механизм (A_N). Возможна ли реакция с метилэтилкетоном или диэтилкетоном?

Кристаллы гидросульфитного производного ацетона отфильтровывают и переносят в две пробирки. В одну пробирку приливают 1 мл 10-процентного раствора соляной кислоты, в другую – 1 мл 10-процентного раствора Na_2CO_3. Слегка нагревают пробирки и отмечают запах выделяющихся паров. (*Нюхать осторожно!*)

Напишите уравнения этих реакций.

Опыт 4. Реакции окисления альдегидов

Реактивы: формалин (40-процентный раствор формальдегида), 5-процентный раствор формальдегида, ацетон, 1-процентный раствор гидроксида натрия, 2-процентный раствор сульфата меди (II).

Оборудование: бани водяные, термометры.

1) *Окисление формальдегида аммиачным раствором гидроксида серебра (реакция «серебряного зеркала»)*. Для получения «серебряного зеркала» необходимо сначала хорошо вымыть пробирку. Для этого в пробирке кипятят (осторожно!) в течение 1-2 минут около 5 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия, а затем споласкивают ее дистиллированной водой. В вымытой пробирке готовят аммиачный раствор гидроксида серебра: к 2-3 мл 1-процентного раствора нитрата серебра прибавляют по каплям при встряхивании 5-процентный раствор аммиака до тех пор, пока образующийся сначала осадок полностью растворится. Избыток аммиака в растворе снижает чувствительность реакции. К полученному бесцветному раствору прибавляют несколько капель 5-процентного раствора формальдегида и опускают пробирку на несколько минут в водяную баню (60-70 ºС). На стенках пробирки постепенно выделяется слой серебра в виде зеркала, иногда серебро выделяется в виде темного осадка.

Напишите уравнения реакций образования аммиачного раствора гидроксида серебра и окисления им формальдегида до муравьиной кислоты. Подберите коэффициенты. Вступает ли в эту реакцию ацетон и другие кетоны?

2) *Окисление формальдегида гидроксидом меди (II).* В пробирку наливают 2 мл 5-процентного раствора формальдегида, 2 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия и при встряхивании добавляют по каплям 2-процентный раствор сульфата меди (II) до появления неисчезающей взвеси. Верхнюю часть жидкости нагревают до начала кипения. Голубая окраска меняется на желтую (осадок), а затем на красную (осадок). Эта реакция, как и реакция «серебряного зеркала», является качественной реакцией на альдегиды.

Какие соединения меди имеют голубую, желтую и красную окраску? Напишите уравнение реакции окисления формальдегида гидроксидом меди (II) в муравьиную кислоту. Подберите коэффициенты.

Лабораторная работа № 15
Монокарбоновые кислоты

Опыт 1. Растворимость предельных карбоновых кислот в воде и в органических растворителях

Реактивы: карбоновые кислоты: муравьиная, уксусная, стеариновая (или пальмитиновая), диэтиловый эфир (или бензол).

Оборудование: штатив с пробирками.

В пробирки вносят по 0,5г следующих кислот: муравьиной, уксусной, стеариновой и добавляют по 2 мл воды. Содержимое пробирок взбалтывают, если кислота не растворяется, пробирку нагревают. После охлаждения отмечают растворимость в воде взятых для опыта кислот.

Опыт повторяют, но в качестве растворителя используют диэтиловый эфир (или

бензол). Отмечают результаты в рабочем журнале.

Опыт 2. Сравнение силы карбоновых и минеральных кислот

Реактивы: 0,1М растворы муравьиной, уксусной, стеариновой и соляной кислот.

Оборудование: универсальная индикаторная бумага со шкалой pH.

На полоску фильтровальной бумаги наносят по капле растворов органических и неорганических кислот и по шкале определяют pH этих растворов. Результаты опытов записывают в рабочей тетради.

Опыт 3. Получение и свойства муравьиной кислоты

Реактивы: хлороформ, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 1-процентный раствор нитрата серебра, 5-процентный раствор аммиака, муравьиная кислота (или формиат натрия), концентрированная серная кислота, 10-процентный раствор серной кислоты, 5-процентный раствор $KMnO_4$, известковая вода.

Оборудование: бани водяные, изогнутые газоотводные трубки, пипетки, штатив с пробирками.

1) *Получение муравьиной кислоты гидролизом хлороформа.* В пробирку наливают 5-6 капель хлороформа, добавляют 2-3 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия и при встряхивании осторожно нагревают в течение 3-4 минут. Смесь не должна кипеть, так как хлороформ может испариться.

Напишите уравнение реакции получения муравьиной кислоты гидролизом хлороформа (в щелочной среде образуется соль муравьиной кислоты – формиат натрия).

2) *Взаимодействие муравьиной кислоты с аммиачным раствором гидроксида серебра (реакция "серебряного зеркала").* В молекуле муравьиной кислоты имеется альдегидная группа, поэтому открыть ее в растворе можно реакциями, характерными для альдегидов, например реакцией "серебряного зеркала".

В пробирке готовят аммиачный раствор гидроксида серебра. Для этого к 1-2 мл 1-процентного раствора нитрата серебра добавляют 1-2 капли 10-процентного раствора гидроксида натрия, образовавшийся осадок оксида серебра растворяют, добавляя по каплям 5-процентный раствор аммиака. К полученному прозрачному раствору добавляют 0,5 мл раствора формиата натрия, образовавшегося при гидролизе хлороформа (см. опыт 1.). Пробирку с реакционной смесью нагревают несколько минут на водяной бане (60-70 ºС). Металлическое серебро выделяется в виде зеркального налета на стенках пробирки или в виде темного осадка.

Напишите уравнение реакции окисления формиата натрия аммиачным раствором гидроксида серебра и подберите коэффициенты методом электронного баланса.

3) *Окисление муравьиной кислоты перманганатом калия* В пробирку помещают примерно 0,5 г муравьиной кислоты или ее соли, 0,5 мл 10-процентного раствора серной кислоты и 1 мл 5-процентного раствора $KMnO_4$. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опускают в другую пробирку с 2 мл известковой (баритовой) воды и нагревают реакционную смесь.

Какие изменения в пробирках вы наблюдаете? Напишите уравнения реакций и подберите коэффициенты.

Опыт 4. Получение и свойства уксусной кислоты

Реактивы: ацетат натрия, ацетат кальция, концентрированная серная кислота, 10-процентный раствор серной кислоты, ледяная уксусная кислота, 10-процентный раствор уксусной кислоты, метиловый оранжевый, раствор синего лакмуса, 1-процентный спиртовой раствор фенолфталеина, 10-процентный раствор ацетата натрия, 3-процентный раствор хлорида железа (III), 10-процентный раствор карбоната натрия, металлический магний, оксид меди (II), 1-процентный раствор перманганата калия, 5-процентный раствор серной кислоты, синяя лакмусовая бумага.

Оборудование: изогнутые газоотводные трубки, прямые газоотводные трубки с оттянутым концом, химические стаканы (50-100 мл), лед, штатив с пробирками.

1) *Получение уксусной кислоты из ее солей* (*тяга!*). В пробирку помещают 1г

ацетата натрия и добавляют 2-3мл концентрированной серной кислоты. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой и осторожно нагревают реакционную смесь. Выделяющуюся уксусную кислоту определяют по запаху (*осторожно!*) и по изменению цвета влажной синей лакмусовой бумаги, поднесенной к отверстию газоотводной трубки.

Напишите уравнение реакции.

2) *Кристаллизация уксусной кислоты.* Уксусная кислота имеет температуру плавления +16,6 ºС. При охлаждении она кристаллизуется, причем ее кристаллы похожи на лед, поэтому безводную уксусную кислоту принято называть «ледяной».

Пробирку с 1-2 мл ледяной уксусной кислоты ставят на несколько минут в стакан со льдом. Отмечают вид кристаллов.

3) *Горение паров уксусной кислоты (тяга!)*. В сухую пробирку наливают 1-2 мл ледяной уксусной кислоты, закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, и осторожно нагревают до кипения. Выделяющиеся пары кислоты поджигают. Они горят слабосветящимся голубым пламенем.

Напишите уравнение реакции горения уксусной кислоты.

4) *Кислотные свойства уксусной кислоты.* В три пробирки наливают по 1 мл 10-процентного раствора уксусной кислоты. В первую пробирку добавляют 1-2 капли метилового оранжевого, во вторую – 1-2 капли раствора синего лакмуса, в третью - 1-2 капли 1-процентного спиртового раствора фенолфталеина. Отмечают, в каких пробирках изменилась окраска.

Результаты опыта записывают в журнал.

5) *Взаимодействие уксусной кислоты с карбонатом натрия.* К 3-4 мл 10-процентного раствора карбоната натрия приливают 2-3 мл ледяной уксусной кислоты.

Что вы наблюдаете? Напишите уравнение реакции. Какой вывод можно сделать о кислотных свойствах уксусной и угольной кислот? Будет ли уксусная кислота реагировать с растворами сульфата натрия и хлорида натрия?

6) *Взаимодействие уксусной кислоты с магнием и с оксидом меди (II).* В пробирку наливают 2-3 мл уксусной кислоты, добавляют немного металлического магния и закрывают пробирку прямой газоотводной трубкой с оттянутым концом. Через некоторое время поджигают выделяющийся газ.

Напишите уравнение реакции.

К 0,2г оксида меди (II), помещенного в пробирку, приливают 2-3мл уксусной кислоты, затем пробирку осторожно нагревают. Обращают внимание на цвет раствора.

Напишите уравнение реакции.

7) *Образование и гидролиз ацетата железа (III).* В пробирку наливают 2-3 капли 10-процентного раствора ацетата натрия и прибавляют несколько капель 3-процентного раствора хлорида железа (III). Появляется желтовато-красное окрашивание раствора вследствие образования растворимой комплексной соли – хлорида основного гексаацетата железа (III) $[Fe_3(OH)_2(CH_3COO)_6]^+Cl^-$. При кипячении раствора происходит гидролиз комплексной соли (упрощенно - ацетата железа) с образованием основной соли – двузамещенного ацетата железа (III), которая выпадает в виде хлопьев красно-бурого цвета.

Напишите уравнения реакций: образования ацетата железа (III) и его гидролиза. Эту реакцию применяют для удаления из раствора ионов трехвалентного железа. Аналогично реагируют с хлоридом железа (III) муравьиная и пропионовая кислоты.

Опыт 5. Получение и свойства предельных высших кислот и их солей

Реактивы: мыло (стружки), 1-процентный водный раствор мыла, спиртовой раствор мыла, 10-процентный раствор серной кислоты, 10-процентный раствор соляной кислоты, 10-процентный раствор уксусной кислоты, 5-процентный раствор ацетата свинца, 5-процентный раствор хлорида кальция, 5-процентный раствор сульфата меди (II), 1-процентный спиртовой раствор фенолфталеина, 10-процентный раствор гидроксида натрия, хлорид натрия, диэтиловый эфир, бензол (или керосин, скипидар), стеарин, подсолнечное масло.

Оборудование: пипетки, часовые стекла, стаканы (50-100 мл), корковые пробки к пробиркам, штатив с пробирками.

1) *Кислотные свойства высших предельных кислот.* В сухой пробирке растворяют примерно 0,5 стеарина в диэтиловом эфире (без нагревания) и добавляют 2 капли 1-процентного спиртового раствора фенолфталеина. Затем по каплям приливают 10-процентный раствор гидроксида натрия. Появляющаяся вначале малиновая окраска исчезает при встряхивании.

Напишите уравнение реакции стеариновой кислоты с гидроксидом натрия. (Стеарин представляет собой смесь стеариновой и пальмитиновой кислот.)

2) *Гидролиз натриевых солей высших жирных кислот (гидролиз мыла).* В сухую пробирку наливают 0,5 мл спиртового раствора мыла и прибавляют 2 капли спиртового раствора фенолфталеина.

Появляется ли окраска? Затем в пробирку постепенно приливают дистиллированную воду. Что при этом происходит? Как можно объяснить этот опыт? Напишите уравнение реакции гидролиза мыла.

3) *Выделение высших жирных кислот из мыла.* В стакане растворяют 1 г мыльной стружки в 10 мл дистиллированной воды. Полученный раствор разливают в четыре пробирки. К одной части приливают 2 мл 10-процентного раствора серной кислоты.

Что вы наблюдаете? Напишите уравнение реакции.

Смесь нагревают почти до кипения. Расплавившиеся жирные кислоты всплывают в виде слоя, затвердевающего при охлаждении пробирки. Какие высшие предельные кислоты входят в состав мыла?

К охлажденной смеси добавляют 3 мл диэтилового эфира. Пробирки закрывают корковыми пробками и энергично встряхивают. Водный слой становится прозрачнее, жирные кислоты растворяются в эфире. Эфирный раствор осторожно с помощью пипетки переносят на часовое стекло. После испарения эфира на стекле остается осадок, напоминающий парафин.

Опыт 7. Взаимодействие бензойной, салициловой и коричной кислот с бромом

Реактивы: бензойная, салициловая и коричная кислоты, бромная вода.

Оборудование: пипетка, синяя лакмусовая бумага.

В трех пробирках готовят насыщенные растворы бензойной, салициловой и коричной кислот в 3 мл воды. В каждую из пробирок добавляют несколько капель бромной воды и наблюдают за происходящими изменениями. (Объясните механизм данных реакций.) К пробиркам подносят влажную синюю лакмусовую бумагу. Что при этом наблюдается? Напишите уравнения реакций.

Опыт 8. Взаимодействие бензойной и салициловой кислот с хлоридом железа (III)

Реактивы: бензойная и салициловая кислоты, раствор хлорида железа (III).

Оборудование: пипетки.

В одну пробирку помещают несколько кристаллов бензойной кислоты, в другую – салициловой, а затем приливают несколько капель воды и нагревают. К полученным растворам кислот добавляют по капле 0,1 н раствора хлорида железа (III).

Объясните различие в изменении окраски растворов.

Опыт 9. Получение и свойства эфиров кислот

Реактивы: ледяная уксусная кислота, этиловый спирт, концентрированная серная кислота, насыщенный раствор хлорида натрия, аспирин.

Оборудование: стаканы химические на 50 мл, водяная баня, термометры, обратные холодильники к пробиркам.

1)*Получение этилацетата*. В сухую пробирку наливают 2 мл этилового спирта, 2 мл ледяной уксусной кислоты и 1 каплю концентрированной серной кислоты. Пробирку закрывают пробкой с обратным холодильником и нагревают на водяной бане 5-10 минут при температуре 70^0С.

Раствор охлаждают и к содержимому пробирки приливают 3-4 мл насыщенного раствора хлорида натрия. Этилацетат в процессе высаливания всплывает, образуя слой бесцветной жидкости с приятным запахом.

Рассмотрите механизм реакции этерификации. В чём заключается роль серной кислоты? Почему при добавлении избытка серной кислоты сложный эфир не образуется?

2) *Гидролиз аспирина (ацетилсалициловой кислоты)*. Растворяют 0,1-0,2 г аспирина в 3-5 мл воды. Раствор разделяют на две части. К одной из них прибавляют 1-2 капли раствора хлорида железа (III). При этом окраска не изменяется. Другую часть раствора кипятят в пробирке несколько минут, после охлаждения прибавляют 1-2 капли раствора хлорида железа (III). При этом появляется красновато-фиолетовое окрашивание.

Чем объясняется различие в окрашивании растворов? Напишите уравнение реакции аспирина с водой.

Лабораторная работа № 16
Дикарбоновые кислоты

Опыт. Получение и свойства щавелевой кислоты

Реактивы: муравьинокислый натрий (формиат натрия), щавелевая кислота кристаллическая, щавелевая кислота (насыщенный раствор), 1 н раствор щавелевой кислоты, 1 н раствор гидроксида калия, 10-процентный раствор соляной кислоты, 10-процентный раствор уксусной кислоты, 10-процентный раствор серной кислоты, концентрированная серная кислота, 5-процентный раствор хлорида кальция, известковая (или баритовая) вода – насыщенный раствор, 5%-ный раствор перманганата калия.

Оборудование: изогнутые трубки с оттянутыми концами,бюретки, химические воронки, фильтры, штатив с пробирками.

1) Получение щавелевокислого натрия (оксалата натрия) из муравьинокислого натрия (формиата натрия). В пробирку помещают 1-1,5 г формиата натрия и нагревают ее пламенем горелки. Кристаллы соли плавятся, после удаления кристаллизационной воды формиат натрия становится твердым. В этот момент пробирку закрывают газоотводнойтрубкой с оттянутым концом и продолжают нагревание. Соль разлагается с выделением газообразного водорода, который поджигают у отверстия газоотводной трубки. Нагревание продолжают до прекращения выделения водорода.

Напишите уравнение реакции термического разложения формиата натрия.

Щавелевую кислоту, образовавшуюсяв пробирке, обнаруживают следующим образом. После охлаждения пробирки ее содержимое растворяют в 3-4 мл воды. Раствор-фильтруют и к фильтрату добавляют 5-процентный раствор хлорида кальция. Выпадает осадокщавелевокислого кальция (оксалата кальция).

Напишите уравнение реакции его образования. Осадок (оксалат кальция) делят надве части: к одной части приливают 10-процентный раствор соляной кислоты, к другой – 10-процентный раствор уксусной кислоты. В какой пробирке осадок оксалата кальция растворился? Напишите уравнение реакции.

В пробирке растворяют немного формиата натрия и добавляют 10-процентный раствор хлорида кальция. Выпадет ли осадок?

2) Получение калиевых солей щавелевой кислоты. В пробирку наливают из бюретки 2 мл 1н раствора щавелевой кислоты, из другойбюретки добавляют 1 мл 1н раствора гидроксида калия. Выпадает осадок калиевой соли щавелевой кислоты. (Значительное количество такой кислоты содержитсяв щавеле). При дальнейшем прибавлении раствора гидроксида калия осадок растворяется.

Напишите уравнения реакций образования солей (кислой и средней) щавелевой кислоты.

3)Разложение щавелевой кислоты при нагревании. В сухую пробирку вносят примерно 1 г кристаллической щавелевой кислоты. Пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой и укрепляют в лапке штатива. Конец газоотводной трубки опускают впробирку с известковой (или баритовой) водой. При нагревании щавелевая

кислотаразлагаетсяс выделением оксидауглерода (IV),который обнаруживаютпо помутнению известковойводы.

Напишите уравнения реакций: разложения щавелевой кислоты при нагревании, оксида углерода (IV) с известковой водой.

4) Окисление щавелевой кислоты перманганатом калия. В пробирку наливают 1 мл насыщенного раствора щавелевой кислоты, добавляют 1 мл 10%-ного раствора серной кислоты и 2 мл 5%-ного раствора перманганата калия. Пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой, конец которой погружают в известковую воду. Реакционную смесь несильно нагревают. Раствор быстро обесцвечивается, а известковая вода мутнеет.

Напишите уравнения реакции, подберите коэффициенты.

Лабораторная работа № 17
Непредельные карбоновые кислоты и жиры

Опыт 1. Свойства олеиновой кислоты

Реактивы: олеиновая кислота, 2-процентный раствор перманганата калия, 10-процентный раствор карбоната натрия, бромная вода (насыщенный раствор), концентрированная азотная кислота, медь (стружки или проволока).

Оборудование: штатив с пробирками.

1) Реакция олеиновой кислоты с бромной водой. В пробирку наливают 2 мл воды и вносят около 0,5г олеиновой кислоты. Смесь энергично взбалтывают.

Что происходит? Напишите уравнение реакции.

2) Окисление олеиновой кислоты перманганатом калия. В пробирку помещают 1 мл 5-процентного раствора перманганата калия, 1 мл 10-процентного раствора карбоната натрия и 0,5 мл олеиновой кислоты. Смесь энергично перемешивают. Отмечают изменения, происходящие с реакционной смесью.

Напишите уравнение реакции и подберите коэффициенты. Какие выводы можно сделать на основании результатов опытов?

Опыт 2. Жиры и масла

Реактивы: подсолнечное масло, животный жир (сливочное масло, бараний жир), этиловый спирт, диэтиловый эфир, хлороформ, четыреххлористый углерод, 10-процентный раствор карбоната натрия, 2-процентный раствор перманганата калия, бромная вода.

Оборудование: штатив с пробирками.

1) Растворимость жиров и масел в органических растворителях. В четыре пробирки наливают по 2 капли подсолнечного масла и добавляют по 2 мл органических растворителей: в первую пробирку – этиловый спирт, во вторую – диэтиловый эфир, в третью – хлороформ, в четвертую – четыреххлористый углерод. Содержимое всех пробирок энергично встряхивают.

В каких растворителях масло растворяется? Результат опыта записывают в журнал. Пробирку, в которой образовалась эмульсия, нагревают до начинающегося кипения и встряхивают. Увеличивается ли растворимость масла при нагревании?

Опыт повторяют, но вместо подсолнечного масла в пробирки с органическими растворителями вносят небольшое количество животного жира (свиного, говяжьего или бараньего сала).

2) Взаимодействие растительного масла с водным раствором перманганата калия (реакция Е.Е. Вагнера). В пробирку наливают примерно 0,5 мл подсолнечного масла, 1 мл 10-процентного раствора карбоната натрия и 1 мл 2-процентного раствора перманганата калия. Энергично встряхивают содержимое пробирки. Фиолетовая окраска перманганата калия исчезает.

Напишите уравнение реакции дипальмитоолеина с перманганатом калия в водной среде и подберите коэффициенты.

3) Определение непредельности растительного масла реакцией с бромной водой.

В пробирку вносят 0,5мл растительного масла и 1-2 капли насыщенной бромной воды, которая при встряхивании содержимого пробирки быстро обесцвечивается.

Напишите уравнение реакции присоединения брома к трилинолеину.

Лабораторная работа № 18
Гидроксикислоты.

Опыт 1. Качественное определение силы кислоты

Реактивы: 0,1 н растворы кислот: серной, муравьиной, уксусной, щавелевой, винной, лимонной, 0,5-процентный раствор индикатора метилового оранжевого, цинк гранулированный.

Оборудование: штатив с пробирками.

1) Реакция кислот с металлическим цинком. В 6 пробирок наливают по 2 мл 0,1 н растворов кислот: серной, муравьиной, уксусной, щавелевой, винной и лимонной. Вносят в каждую пробирку по кусочку цинка одинаковой величины. Располагают пробирки с кислотами (в штативе) в порядке уменьшения интенсивности реакции с цинком.

2) Реакция растворов кислот с метиловым оранжевым. Повторяют опыт 1, но вместо цинка в каждую пробирку добавляют по 2 капли индикатора метилового оранжевого.

Сравните окраску растворов. Сопоставьте интенсивность взаимодействия растворов кислот с цинком. Совпадают ли эти ряды?

Опыт 2. Свойства молочной кислоты

Реактивы: молочная кислота, концентрированная серная кислота, разбавленная серная кислота (1:2), фуксинсернистая кислота, 1-процентный раствор хлорида железа (III), 1-процентный раствор фенола, уксусная кислота, 5-процентный раствор перманганата калия.

Оборудование: изогнутые газоотводные трубки, газоотводные трубки с оттянутыми концами, стаканы химические (50-100 мл), кипятильники, молочная сыворотка (от простокваши или творога), штатив с пробирками.

1) Реакция молочной кислоты с хлоридом железа (III). К 3-4 мл 1-процентного раствора фенола добавляют несколько капель 1-процентного раствора хлорида железа (III). Раствор становится фиолетовым. Его делят на три части. К одной части раствора приливают 0,5 мл молочной кислоты, к другой – 0,5 мл уксусной кислоты, к третьей - 0,5 мл молочной сыворотки. В пробирках с молочной кислотой и молочной сывороткой появляется характерное для α -оксикислот зеленовато-желтое окрашивание. В пробирке с уксусной кислотой такого окрашивания не наблюдается.

Напишите уравнение реакции образования молочнокислого железа (III) (лактата железа).

2) Разложение молочной (α-оксипропионовой) кислоты при нагревании с концентрированной серной кислотой (тяга!). В пробирке, закрытой пробкой с газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, нагревают до кипения смесь из 0,5 мл молочной кислоты и 1 мл концентрированной серной кислоты. Для равномерного кипения в реакционную смесь кладут кипятильники (2-3 кусочка битого фарфора). Выделяющийся газ поджигают у отверстия газоотводной трубки.

Напишите уравнение реакции разложения молочной кислоты концентрированной серной кислотой. Какие вещества должны получиться при нагревании с серной кислотой α - оксимасляной кислоты?

3) Разложение молочной кислоты при нагревании с разбавленной серной кислотой (1:2). В пробирку помещают кипятильники, наливают 1 мл молочной кислоты, 1 мл разбавленной серной кислоты и закрывают её пробкой с изогнутой газоотводной трубкой. Конец газоотводной трубки опускают в другую пробирку с 2 мл фуксинсернистой кислоты, погружённую в стакан с холодной водой. Реакционную смесь нагревают до кипения. Через 2-3 мин раствор становится фиолетово-красным.

Напишите уравнение реакции и объясните, почему появляется окраска в пробир-

ке с раствором фуксинсернистой кислоты.

4) Окисление молочной кислоты перманганатом калия в кислой среде. В пробирку наливают 0,5 мл молочной кислоты, 0,5 мл разбавленной (1:2) серной кислоты и 1 мл 5-процентного раствора перманганата калия. Смесь осторожно нагревают.

Что происходит с реакционной смесью? (Осторожно нюхают содержимое пробирки.) Напишите уравнение реакции разложения молочной кислоты при нагревании с разбавленной серной кислотой и уравнение реакции окисления муравьиной кислоты перманганатом калия в кислой среде.

Опыт 3. Свойства винной кислоты

Реактивы: 10-процентный раствор винной кислоты, 5-процентный раствор винной кислоты, 1н раствор винной кислоты, 1н раствор гидроксида калия, 10-процентный раствор серной кислоты, 5-процентный раствор сульфата меди, 15-процентный раствор гидроксида натрия, 35-процентный раствор сегнетовой соли (смешанной натриево-калиевой соли винной кислоты) или двузамещенной (средней) соли винной кислоты, 5-процентный раствор хлорида кальция, 10-процентный раствор аммиака, лакмусовая бумага (красная).

Оборудование: бюретки, штатив с пробирками.

1) Образование калиевых солей винной кислоты. В пробирку из бюретки наливают 2 мл 1 н раствора гидроксида калия. При встряхивании выпадает мелкокристаллический осадок белого цвета. Если осадок не выпадает, стенки пробирки потирают стеклянной палочкой. Затем продолжают добавлять из бюретки 1 н раствор гидроксида калия до полного растворения осадка (при встряхивании). Напишите уравнения реакций и объясните опыт.

Половину полученного раствора отливают в пробирку и добавляют к нему по каплям 10-процентный раствор серной кислоты. Снова появляется осадок или муть, исчезающие при добавлении избытка серной кислоты. Напишите уравнение реакции.

2) Получение кальциевой соли винной кислоты. В пробирку наливают 1 мл 5-процентного раствора винной кислоты и добавляют по каплям 10-процентный раствор аммиака до нейтральной реакции по лакмусу. Затем приливают небольшое количество 5-процентного раствора хлорида кальция. Появляется белый осадок труднорастворимой кальциевой соли винной кислоты.

Напишите уравнение реакции образования средней соли винной кислоты.

3) Взаимодействие соли винной кислоты с гидроксидом меди (II). К 1 мл 35-процентного раствора сегнетовой соли (смешанной калиево-натриевой соли винной кислоты) добавляют 1 мл 15-процентного раствора гидроксида натрия и при встряхивании по каплям добавляют 5-процентный раствор сульфата меди (II). От каждой капли вначале получается осадок голубого цвета – гидроксид меди (II), при встряхивании он растворяется. Образуется интенсивно окрашенный раствор василькового цвета. Винная кислота содержит две гидроксильные группы и способна в щелочном растворе образовывать комплексные соединения типа алкоголятов с гидроксидом меди (II) подобно многоатомным спиртам. Щелочной раствор комплексного соединения двухвалентной меди с солью винной кислоты называют фелинговой жидкостью. Она легко окисляет многие альдегиды и сахара. Фелингову жидкость широко используют для качественного и количественного анализа восстанавливающих сахаров.

Напишите уравнения реакций: образования гидроксида меди (II) и взаимодействия сегнетовой соли с гидроксидом меди (II).

Опыт 4. Свойства лимонной кислоты

Реактивы: лимонная кислота (кристаллическая), 5-процентный раствор лимонной кислоты, 5-процентный раствор хлорида кальция, 10-процентный раствор аммиака, концентрированная серная кислота, известковая (или баритовая) вода (насыщенный раствор), раствор иода в иодиде калия, 10-процентный раствор гидроксида натрия, лакмусовая бумага (красная).

Оборудование: изогнутые газоотводные трубки, штатив с пробирками.

1) Получение цитрата кальция. В пробирку наливают 1 мл 5-процентного раствора лимонной кислоты и добавляют по каплям 10-процентный раствор аммиака до нейтральной реакции по лакмусу. После этого приливают 1 мл 5-процентного раствора хлорида кальция и осторожно нагревают реакционную смесь до кипения. Выпадает осадок цитрата кальция. Эта соль в горячей воде растворяется труднее, чем в холодной: при кипячении раствора она выпадает в осадок, при охлаждении вновь растворяется.

Напишите уравнение реакции образования цитрата кальция (средней соли).

2) Разложение лимонной кислоты при нагревании с концентрированной серной кислотой (тяга!). В сухую пробирку с изогнутой газоотводной трубкой помещают около 1 г кристаллической лимонной кислоты, приливают 2 мл концентрированной серной кислоты, затем укрепляют пробирку в лапке штатива. Осторожно нагревают реакционную смесь. Поджигают у отверстия газоотводной трубки выделяющийся оксид углерода (II), он горит характерным голубоватым пламенем. Затем опускают конец газоотводной трубки в пробирку с известковой водой и по помутнению ее обнаруживают оксид углерода (IV). После этого опускают конец газоотводной трубки в пробирку, где находится заранее приготовленный щелочной раствор иода (к 2 мл раствора иода в иодиде калия по каплям добавляют 10-процентный раствор гидроксида натрия до почти полного обесцвечивания раствора иода). Образуется осадок иодоформа, имеющий специфический запах.

Напишите уравнение реакции разложения лимонной кислоты при нагревании ее с концентрированной серной кислотой – образование ацетондикарбоновой кислоты, оксида углерода (II) и воды. Ацетондикарбоновая кислота при нагревании декарбоксилируется с образованием ацетона и оксида углерода (IV). Напишите уравнение реакции.

Напишите уравнение образования иодоформа из ацетона.

Опыт 5. Получение пировиноградной кислоты окислением молочной кислоты.

Реактивы: 5-процентный раствор молочной кислоты, 1-процентный раствор перманганата калия, 10-процентный раствор карбоната натрия, 10-процентный раствор гидроксида натрия, уксусная кислота, гидросульфит натрия (насыщенный раствор), 2-процентный раствор нитропруссида натрия.

Оборудование: лакмусовая бумага (красная), фильтровальная бумага, хими¬ческие воронки.

В пробирку наливают 2 мл 5-процентного раствора молочной кислоты и добавляют по кап-лям при встряхивании 10-процентный раствор карбоната натрия до нейтральной реакции по лак-мусу. Затем приливают 1 мл 1-процентного раствора перманганата калия и смесь нагревают до кипения. В условиях опыта молочная кислота окисляется до пировиноградной кислоты.

Напишите уравнение реакции.

Содержимое пробирки фильтруют и в фильтрате обнаруживают пировиноградную кислоту качественными реакциями на карбонильную группу (с гидросульфитом натрия) и на кетонную группу (с нитропруссидом натрия).

Лабораторная работа № 19
Амины

Опыт 1. Получениеи свойства аминов

Реактивы: гидроксид калия (или натрия), этиловый спирт, ацетамид, натрий металлический, хлорид метиламмония, натронная известь, красная лакмусовая бумага концентрированная соляная кислота, 3-процентный раствор хлорида железа (III), 5-процентный раствор сульфата меди (II), 10-процентный раствор нитрита натрия, ледяная уксусная кислота.

Оборудование: пробирка с пробкой с прямой газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, стеклянная палочка.

1) Получение этиламида из ацетамида

В пробирке растворяют примерно 0,5 г ацетамида в 5 мл этилового спирта. Затем

вносят в раствор 2 кусочка металлического натрия размером с горошину и быстро закрывают пробирку пробкой с изогнутой газоотводной трубкой, конец которой опускают в пробирку-приемник, содержащую 2 мл этилового спирта. Пробирку с реакционной смесью периодически встряхивают. Реакцию ведут до полного исчезновения металлического натрия. Отмечают запах раствора в пробирке-приемнике. Полученный спиртовой раствор этиламина используют в последующих опытах.

Напишите уравнения реакций этилового спирта с натрием, восстановления ацетамида водородом (водород в момент выделения).

2) Получение метиламина и его свойства

В сухую пробирку помещают примерно 0,5 г хлорида метиламмония и примерно 1 г натронной извести. Смесь тщательно перемешивают стеклянной палочкой. Пробирку закрывают пробкой с прямой газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец, и нагревают реакционную смесь пламенем горелки. Выделяющийся метиламин поджигают у конца газоотводной трубки. В отличие от аммиака амины горят на воздухе. Затем подносят к отверстию газоотводной трубки влажную красную лакмусовую бумагу; она синеет, так как при растворении метиламина в воде образуются гидроксид-ионы.

Напишите уравнения реакций: образование метиламина из хлорида метиламмония и гидроксида натрия, горение метиламина, взаимодействие метиламина с водой.

Опыт 3) Образование солей аминов. Метиламин получают нагреванием хлорида метиламмония с натронной известью. К отверстию пробирки, из которойвыделяется газообразный метиламин, подносят стеклянную палочку, смоченную концентрированной соляной кислотой. Палочка окутывается туманом.

Объясните опыт и напишите уравнение реакции.

В две пробирки наливают по 1-2 мл: в одну – 3-процентный раствор хлорида железа (III), в другую – 5-процентный раствор сульфата меди (II). В каждую пробирку приливают по 1 мл раствора аминов, полученных в опыте 1. Можно в пробирки с растворами $FeCl_3$ и $CuSO_4$ пропускать газообразный метиламин. В пробирке с раствором хлорида железа (III) выпадает бурый осадок, а в пробирке с раствором сульфата меди (II) образующийся вначале осадок голубого цвета растворяется с образованием комплексной соли, окрашенной в ярко-синий цвет.

Напишите уравнения реакций (с $FeCl_3$ в ионном виде).

Опыт 4. Реакция первичных аминов с азотистой кислотой. Эту реакцию используют как качественную реакцию на первичные амины алифатического ряда. В пробирку наливают 1 мл раствора метиламина (см. опыт 1) или растворяют в 1 мл воды 0,2 г хлорида метиламмония, затем приливают 1 мл 10-процентного раствора нитрита натрия. При добавлении к реакционной смеси нескольких капель ледяной уксусной кислоты выделяется азот в виде мелких пузырьков.

Напишите уравнение реакции.

Опыт 2. Образование и разложение солей анилина

Реактивы: анилин, этиловый спирт, концентрированная соляная кислота, разбавленная серная кислота, раствор гидроксида натрия, красная лакмусовая бумага.

К 5 - 6 каплям анилина добавляют 2-3 мл воды и смесь сильно встряхивают.В полученную эмульсию опускают красную лакмусовую бумагу.Окраска индикатора не меняется.

Эмульсию анилина делят на две части. К однойчасти прибавляют по каплям при встряхивании концентрированную соляную кислоту. Постепенно эмульсия превращается в однородную жидкость. При прибавлении к ней раствора гидроксида натрия жидкость мутнеет. К другой части эмульсии анилина прибавляют по каплям при встряхивании разбавленную серную кислоту. Выпадает белый осадок. При добавлении раствора гидроксида натрия осадок растворяется и жидкость мутнеет.

Напишите уравнения происходящих реакций.

Опыт 3. Бромирование анилина

Реактивы: анилин, бромная вода.

К 5 мл воды приливают 2-3 капли анилина и смесь сильно встряхивают. К полученной эмульсии по каплям прибавляют бромную воду. Смесь обесцвечивается и выпадает белый осадок трибромманилина.

Объясните легкость образования трибромзамещенного анилина и место вступления электрофильного агента в молекулу анилина. Рассмотрите механизм бромирования.

Напишите уравнение реакции образования черногоанилина.

Лабораторная работа № 20
Диазо- и азосоединения

Опыт 1. Реакции диазосоединений с выделением азота

Реактивы: анилин, нитрит натрия, концентрированная соляная кислота, бромная вода, йодид калия, йодкрахмальная бумага, м-нитроанилин, 1-процентный раствор гидросульфита натрия, концентрированная серная кислота, раствор хлорида железа, мочевина, n-толуидин.

Оборудование: делительная воронка, прибор для перегонки с водяным паром, термометр, стаканы на 50 мл, водяная баня, лёд, колба Бунзена, воронка бюхнера.

1) *Получение фенола.* К 7 мл воды в стакане прибавляют 1,5 мл концентрированной серной кислоты, наливают 1 мл анилина и нагревают до полного его растворения. Затем смесь растворяют до 00С (во льду). Постепенно при перемешивании (можно термометром) прибавляют раствор 0,8 г нитрита натрия в 4 мл воды, следя за тем, чтобы температура была не выше 5-7^{0}С. Прибавив большую часть нитрита натрия, помещают каплю реакционной смеси на йодкрахмальную бумагу. Если посинение не наблюдается, то добавляют ещё нитрита натрия. Если же через 1-2 мин после прибавления последней порции нитрита натрия будет обнаруживаться азотистая кислота (посинение йодкрахмальной бумаги), диазотирование прекращают. Полученный прозрачный раствор соли диазонияпереливают в прибор для перегонки с водяным паром, добавляют кипятильники. Пробирку осторожно нагревают в стакане с горячей водой, охлаждая при этом приёмник холодной водой. После окончания выделения из пробирки газа её нагревают пламенем горелки и отгоняют с паром образовавшийся фенол. Перегонку прекращают, когда в приемник будет перегоняться прозрачная жидкость. К дистилляту по каплям прибавляют бромную воду. Происходит обесцвечивание бромной воды и образование белого осадка трибромфенола.

Напишите уравнение реакции диазотирования анилина. Рассмотрите механизм реакции.

2) *Получение йодбензола* (тяга!). В стакане смешивают 7 мл воды с 1,5 мл концентрированной серной кислоты. К раствору приливают 1 мл анилина. Смесь охлаждают до 0°С и при перемешивании добавляют 0,8 г нитрита натрия в 4 мл воды. Температура смеси должна быть не выше 5-7° С. Затем проверяют кислотность среды индикатором (конго), берут пробу раствора (стеклянной палочкой) и наносят её на йодкрахмальную бумагу. Посинение бумаги свидетельствует об окончании реакции диазотирования. Для удаления избытка азотистой кислоты в реакционной среде к соли диазония при охлаждении добавляют сухую мочевину до прекращения выделения газа. Полученную соль диазония прибавляют к раствору 2 г иодида калия в 3 мл воды. Смесь нагревают на водяной бане до прекращения выделения газа. Какой газ при этом выделяется? На дне появляется тяжелая жидкость (иодбензол), окрашенная в бурый цвет образующимся иодом. (Объясните, в результате каких реакций выделяется свободный йод.) Иодбензол отделяют делительной воронкой, встряхивают с 3—4 мл 1-процентного раствора гидросульфита натрия, водой и высушивают хлоридом натрия. Определяют показатель преломления иодбензола (1,6213).

Напишите уравнения следующих реакций: получение иодбензола и взаимодействие мочевины с азотистой кислотой. Какой газ при этом выделяется? Почему нельзя допускать избытка азотистой кислоты в реакционной среде?

Опыт 2. Реакции диазосоединений без выделения азота. Азосочетание.

Реактивы: диметиланилин, сульфаниловая кислота, нитрит натрия, n-нитроанилин, β- нафтол, бензидин, нафтионовокислый натрий, ацетат натрия, концентрированная соляная кислота, 20-процентный раствор хлорида натрия, 30-процентный раствор гидроксида натрия, иодкрахмальная бумага.

Оборудование: стаканы химические на 50 мл, колба Бунзена, воронка Бюхнера, термометр, лед, пипетки, фильтровальная бумага.

1) *Получение красителя метилового оранжевого (гелиантин).* В одном стакане растворяют 1 г диметиланилина в 10 мл соляной кислоты. Во втором стакане растворяют 1 г сульфаниловой кислоты (в 2,5 мл 2 н. раствора гидроксида натрия в 5 мл воды). Охлаждённый_раствор (во льду) приливают к 2,5 мл 2 н. соляной кислоты.

К раствору в первом стакане приливают раствор из второго стакана, а затем добавляют 2 н. раствор гидроксида натрия до щелочной реакции. Краситель выпадает в виде оранжево-желтых хлопьев, его отфильтровывают, сушат между листами фильтровальной бумаги. Фильтрат разливают в две пробирки (наливают по 1 мл), разбавляют его водой. Затем прибавляют в одну пробирку разбавленную кислоту, а в другую - щёлочь. Отмечают цвет красителя в каждой пробирке.

Напишите уравнение реакции получения метилового оранжевого. Объясните механизм реакции. Найдите объяснение изменению окраски в зависимости от pH среды. Напишите строение молекулы красителя в кислой и щелочной среде.

Лабораторная работа № 21
Аминокислоты

Опыт 1. Свойства аминокислот

Реактивы: 2-процентный раствор аминоуксусной кислоты (глицин), 10-процентный раствор аминоуксусной кислоты, 1-процентный раствор аминоуксусной кислоты, растворы индикаторов в капельницах: метиловый оранжевый, метиловый красный, лакмус, 40-процентный раствор формальдегида (формалин) – нейтрализованный, оксид меди (II), 10-процентный раствор гидроксида натрия, 10-процентный раствор нитрита натрия, ледяная уксусная кислота, 0,1-процентный раствор нингидрина, натрий металлический, ε-капролактам.

Оборудование: химические стаканы (100 мл), лед фильтровальная бумага, пинцеты, скальпели, бани песчаные, термометры (300°С), штатив с пробирками.

1) *Отношение моноаминомонокарбоновых кислот к индикаторам.* В три пробирки наливают по 1 мл 2-процентного раствора аминоуксусной кислоты (глицина) и добавляют по 2 капли растворов индикаторов: в одну пробирку – метилового оранжевого, в другую – метилового красного, в третью – лакмуса.

Меняется ли окраска индикаторов? Объясните результаты опыта.

2) *Реакция аминоуксусной кислоты с формальдегидом.* В пробирку к 2 мл 2-процентного раствора аминоуксусной кислоты прибавляют 1 каплю индикатора метилового красного. Раствор окрашивается в желтый цвет. Этот индикатор применяют для обнаружения в растворах кислот: в кислой среде в интервале pH 4,2 – 6,2 желтая окраска индикатора меняется на красную. Водный раствор аминоуксусной кислоты имеет нейтральную реакцию.

Добавляют к раствору аминоуксусной кислоты 1 мл нейтрализованного формалина. Желтая окраска раствора переходит в красную, следовательно, реакция раствора стала кислой. Формальдегид присоединяется к аминогруппам, связывает их, карбоксильные группы при этом освобождаются и обусловливают кислую реакцию раствора.

Напишите уравнения реакций аминоуксусной кислоты с 1 моль формальдегида (образование N-монооксиметиламиноуксусной кислоты) и с 2 моль формальдегида (образование N,N-диоксидиметиламиноуксусной кислоты).

3) *Образование медной соли аминоуксусной кислоты.* В пробирке нагревают при встряхивании смесь 0,5 г оксида меди (II) и 2-3 мл 2-процентного раствора аминоуксусной кислоты. Через 2-3 минуты пробирку ставят в штатив. После отстаивания хорошо видна

синяя окраска раствора. Отливают примерно 0,5 мл раствора и добавляют к нему 1-2 капли 10-процентного раствора гидроксида натрия. Выпадает ли осадок гидроксида меди (II)?

Избыточную жидкость сливают с осадка оксида меди (II) в пробирку и охлаждают ее в стакане с ледяной водой. Постепенно выпадают кристаллы труднорастворимой медной соли аминоуксусной кислоты. Образование комплексных окрашенных в синий цвет медных солей характерно для α-аминокислот.

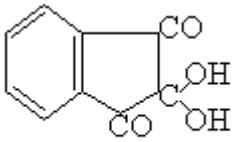
Напишите уравнение реакции образования комплексной медной соли аминоуксусной кислоты.

4) *Реакция аминокислот с азотистой кислотой*. Аминокислоты, как и первичные амины, реагируют с азотистой кислотой с выделением азота. Эту реакцию используют для количественного определения аминокислот.

К 2 мл 10-процентного раствора аминоуксусной кислоты приливают 2 мл 10-процентного раствора нитрита натрия и 2 капли ледяной уксусной кислоты. При встряхивании содержимого пробирки обильно выделяются пузырьки газа азота.

Напишите уравнение реакции аминоуксусной кислоты с азотистой кислотой.

5) *Реакция α-аминокислот с нингидрином*. Реакция с нингидрином очень чувствительна. Ее применяют для качественного и количественного анализа α-аминокислот. Нингидрин разлагает α-аминокислоты на альдегиды, оксид углерода (IV) и аммиак.



Нингидрин

Аммиак конденсируется с избытком нингидрина и с продуктами его восстановления. Продукты конденсации окрашены в розово-фиолетовый цвет. Различные α-аминокислоты образуют окрашенные соединения, отличающиеся оттенком. Механизм реакции α-аминокислот с нингидрином рассматривается в курсе биохимии.

К 2 мл 1-процентного раствора аминоуксусной кислоты приливают 2-3 капли 0,1-процентного раствора нингидрина. Содержимое пробирки встряхивают и ставят в штатив. Через некоторое время появляется фиолетовая окраска с синеватым оттенком.

Лабораторная работа № 22
Моносахариды

5. Синтез моносахаридов по Килиани-Фишеру и деградация по Волю-Руффу.

Опыт 1. Реакции на гидроксильные группы в моносахаридах

Реактивы: 1-процентный раствор глюкозы, 1-процентный раствор фруктозы, 10- и 20-процентный растворы глюкозы, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 5-процентный раствор сульфата меди (II), известковое молоко (свежеприготовленная 10-15-процентная суспензия гидроксида кальция в воде).

Оборудование: водяная баня, термометр на 100°С, прибор для получения CO_2, стеклянные воронки, фильтровальная бумага, пипетки.

1) *Реакция моносахарида со щелочным раствором гидроксида меди (II).* В пробирке смешивают 2 мл 1-процентного раствора глюкозы и 1 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия, затем по каплям добавляют 5-процентный раствор сульфата меди. Образующийся вначале голубой осадок гидроксида меди (II) при встряхивании растворяется, получается синий прозрачный раствор комплексного алкоголята (сахарата) меди (II). Реакция доказывает присутствие нескольких гидроксильных групп в молекуле глюкозы. Опыт повторяют с использованием 1-процентного раствора фруктозы.

Напишите уравнение реакции глюкозы с гидроксидом меди (II).

2) *Реакция моносахаридов с гидроксидом кальция.* К 2 мл 20-процентного раствора глюкозы добавляют по каплям при встряхивании известковое молоко. Гидроксид кальция растворяется, образуя глюкозат кальция. Гидроксид кальция добавляют до появления нерастворимого осадка. Раствор фильтруют. Через фильтрат пропускают ток углекислого

газа из прибора. Выпадает осадок карбоната кальция, который растворяется при избытке CO_2.

Напишите уравнения реакций: образование глюкозата кальция и взаимодействие глюкозата с углекислым газом.

Опыт 2. Реакции на карбонильные группы в моносахаридах.

Реактивы: 1-процентный раствор глюкозы, 1-процентный раствор фруктозы, 2-процентный раствор глюкозы, 2-процентный раствор фруктозы, 10-процентный раствор глюкозы, 10-процентный раствор формальдегида, фуксинсернистая кислота, 5-процентный раствор сульфата меди (II), 10-процентный раствор гидроксида натрия, реактив Фелинга, бромная вода (насыщенный раствор), 1-процентный раствор хлорида железа (III), 1-процентный раствор фенола, 1-процентный раствор нитрата серебра, 5-процентный раствор глюкозы.

Оборудование: водяная баня, термометр на 100°С, пипетки.

1) *Реакции фуксинсернистой кислоты с формальдегидом и глюкозой.* В две пробирки наливают по 1,5 мл раствора фуксинсернистой кислоты. В одну пробирку приливают 1,5 мл 10-процентного раствора формальдегида, в другую – 1,5 мл 10-процентного раствора глюкозы. Содержимое пробирок перемешивают. Через некоторое время в пробирке с формальдегидом появляется фиолетово-розовое окрашивание. Раствор, содержащий глюкозу, остается неокрашенным.

Почему глюкоза (и другие моносахариды) не дает некоторых реакций на карбонильные группы? Например, она не реагирует с фуксинсернистой кислотой и с гидросульфитом натрия.

2) *Окисление моносахаридов гидроксидом меди (II) в щелочной среде.* В пробирке смешивают 3 мл 1-процентного раствора гидроксида натрия. Затем по каплям при встряхивании добавляют 5-процентный раствор сульфата меди до появления не исчезающей при встряхивании мути. Избыток гидроксида меди (II) мешает реакции, так как при нагревании он теряет воду и превращается в оксид меди CuO черного цвета. Если же гидроксида меди (II) слишком мало, то не связанная с ним глюкоза при нагревании осмоляется, продукты осмоления темного цвета маскируют реакцию. Содержимое пробирки нагревают до начинающегося кипения так, чтобы нагревалась лишь верхняя часть раствора, а нижняя оставалась для контроля. В нагретой части раствора появляется желтый осадок гидроксида меди (I), вскоре переходящий в красный осадок оксида меди (I). Опыт повторяют, но вместо раствора глюкозы берут 1-процентный раствор фруктозы.

В условиях опыта одинаково легко окисляются гидроксидом меди (II) и альдозы (глюкоза), и кетозы (фруктоза). Объясняется это тем, что при нагревании с окислителем в щелочной среде углеродные цепи молекул моносахаридов расщепляются, при этом образуется смесь веществ, в том числе легко окисляющихся (формальдегид, муравьиная кислота и др.). Среди продуктов окисления обнаружена также глюконовая (одноосновная) кислота. Она образуется при окислении глюкозы, которая образуется из фруктозы в результате процесса эпимеризации.

Напишите уравнение реакции окисления глюкозы в глюконовую кислоту гидроксидом меди (II).

3) *Окисление моносахаридов реактивом Фелинга.* Наливают в две пробирки по 1,5 – 2 мл растворов моносахаридов: в одну пробирку – 1-процентный раствор глюкозы, в другую – 1-процентный раствор фруктозы. Затем в каждую пробирку добавляют равный объем реактива Фелинга, содержимое пробирок перемешивают и нагревают верхнюю часть раствора до начинающегося кипения. В верхней части жидкости в обеих пробирках появляется желтый осадок гидроксида меди (I), переходящий в красный осадок оксида меди (I), нижняя часть жидкости, которую не нагревали, остается синей.

Реактивом Фелинга пользоваться удобнее, чем гидроксидом меди (II), так как при нагревании смеси его с раствором моносахарида не происходит образования черного осадка оксида меди (II), маскирующего красный цвет осадка оксида меди (I). Реакция с

фелинговой жидкостью протекает быстрее и более четко. Этой реакцией пользуются для качественного и количественного анализа моносахаридов и для отличия восстанавливающих дисахаридов от невосстанавливающих.

Что такое реактив Фелинга? Какое строение имеет этот реактив и как его готовят? Напишите уравнение реакции окисления глюкозы в глюконовую кислоту реактивом Фелинга.

4) *Окисление моносахаридов аммиачным раствором оксида серебра (реакция серебряного зеркала).* Сначала готовят аммиачный раствор гидроксида из 4 – 5 мл 1-процентного раствора нитрата серебра. Аммиачный раствор гидроксида серебра делят пополам. К одной части приливают 1,5 мл 1-процентного раствора глюкозы, к другой - 1,5 мл 1-процентного раствора фруктозы. Обе пробирки помещают на 5-10 минут водяную баню, нагретую до 70-80ºС. Металлическое серебро в обеих пробирках выделяется на стенках в виде зеркального налета. Во время нагревания пробирки нельзя встряхивать, иначе металлическое серебро выделится в виде черного осадка, а не на стенках пробирок. Чтобы получить хорошее зеркало, в пробирках предварительно кипятят 10-процентный раствор гидроксида натрия, затем их споласкивают дистиллированной водой.

Среди продуктов окисления глюкозы образуется и альдоновая (одноосновная) глюконовая кислота. Напишите уравнения реакций: образование аммиачного раствора гидроксида серебра и окисление D-глюкозы до D-глюконовой кислоты аммиачным раствором гидроксида серебра.

5) *Окисление моносахаридов бромной водой (тяга!).* В две пробирки наливают по 3 мл бромной воды и добавляют по 0,5 мл 2-процентных растворов моносахаридов: в одну – глюкозу, в другую – фруктозу. Пробирки нагревают в кипящей водяной бане в течение 15 минут. Если бурая окраска брома за это время не исчезнет, реакционные смеси кипятят до обесцвечивания на пламени горелки (примерно 1 минута). После охлаждения к растворам добавляют по нескольку капель 1-процентного раствора хлорида железа (III), окрашенного фенолом в фиолетовый цвет. Сравните окраску растворов в обеих пробирках.

Напишите уравнение реакции окисления глюкозы бромом в глюконовую кислоту. Какой моносахарид – глюкоза или фруктоза – легче окисляется в условиях опыта?

Опыт 3. Осмоление моносахаридов

Реактивы: 10-процентный раствор глюкозы, 30-40-процентный раствор гидроксида натрия, 10-процентный раствор серной кислоты.

Оборудование: кипятильники.

В пробирке смешивают 1 мл 10-процентного раствора глюкозы и 1 мл концентрированного раствора гидроксида натрия, вносят в смесь кипятильники и кипятят ее в течение 2-3 минут. При выполнении опыта необходимо соблюдать осторожность: реакционная смесь кипит толчками, ее может выбросить из пробирки. Жидкость в пробирке приобретает желтый, затем бурый цвет. После охлаждения ее подкисляют 10-процентным раствором серной кислоты, при этом окраска бледнеет, и появляется запах жженого сахара.

При нагревании с концентрированным раствором щелочи моносахариды осмоляются и окисляются, образуется сложная смесь веществ. В ней содержатся продукты полимеризации и конденсации соединений, получающихся при распаде моноз, а также найдены молочная и муравьиная кислоты. Продукты осмоления содержат свободные гидроксильные группы, этим объясняется их растворимость в воде.

Лабораторная работа № 23
Дисахариды

Опыт 1. Реакции на гидроксильные группы дисахаридов

Реактивы: известковое молоко, 1-процентный раствор сахарозы, 1-процентный раствор лактозы (или мальтозы), 20-процентный раствор сахарозы, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 5-процентный раствор сульфата меди (II).

Оборудование: химические стаканы (25-50 и 100 мл), мерные цилиндры (10 мл),

химические воронки, фильтровальная бумага, лед.

1) *Получение сахарата кальция.* В стакан (25-50 мл) наливают 5-7 мл 20-процентного раствора сахарозы и по каплям при перемешивании добавляют свежеприготовленное известковое молоко. Гидроксид кальция растворяется в растворе сахарозы. Затем приливают избыток известкового молока (3-4 мл), перемешивают реакционную смесь стеклянной палочкой и оставляютее на 5-7 минут. Затем отфильтровывают в пробирку раствор, в котором содержатсярастворимые на холоде сахараты кальция. При нагревании фильтрата до кипения выпадает мелкокристаллический осадок сахаратов кальция:

$C_{12}H_{22}O_{11}\cdot CaO\cdot 2H_2O$, $C_{12}H_{22}O_{11}\cdot 3CaO\cdot 6H_2O$ и др.

При охлаждении реакционной смеси в стакане с ледяной водой осадок снова растворяется. Способность сахарозы давать растворимые сахараты кальция используется в промышленности для очистки сахара при выделении его из сахарной свеклы.

Напишите уравнение реакции образования моносахарата кальция.

2) *Реакция дисахаридов с гидроксидом меди (II) в щелочном растворе.*В пробирке смешивают 1,5 мл 1-процентного раствора сахарозы и 1,5 мл 10-процентного раствора гидроксида натрия. В другой пробирке смешивают такие жеколичества 1-процентного раствора лактозы (или мальтозы) и 10-процентного раствора щелочи. Затем в каждую пробирку по каплям добавляют 5-процентный раствор сульфата меди (II). Образующийся вначале бледно-голубой осадок гидроксида меди (II) при встряхивании растворяется, растворы приобретают синеватую окраску вследствие образования комплексных сахаратов меди (II).

Напишите уравнения реакции образования моносахаратамеди (II). Какой вывод можно сделатьиз данного опыта?

Опыт 2. Реакции дисахаридов по карбонильным группам (сравнение свойств восстанавливающих и невосстанавливающих дисахаридов)

Реактивы: 1-процентный раствор сахарозы, 1-процентный раствор лактозы (или мальтозы), реактив Фелинга, уксусная кислота, 10-процентный раствор гидроксида натрия, 40-процентный раствор гидроксида натрия, молоко, разбавленное водой в объемном отношении 1:1, 5-процентный раствор мальтозы, раствор уксуснокислого фенилгидразина.

Оборудование: химические стаканы (25 мл), мерные цилиндры (10 мл), химические воронки, фильтровальная бумага, фенолфталеиновая индикаторная бумага, кипятильники, микроскопы, предметные и покровные стекла, водяные бани.

1) *Реакция дисахаридов с реактивом Фелинга.* В три пробирки наливают по 1,5-2 мл 1-процентных растворов сахарозы, мальтозы, и лактозы. Затем в каждую пробирку добавляют равный объем реактива Фелинга, жидкости перемешивают и нагревают в пламени горелки верхнюю часть растворов до начинающегося кипения. Нижняя часть растворов не должна нагреваться.

Во всех ли пробирках появляется красный осадок оксида меди (I)? Объясните результаты опыта. Напишите уравнения реакций с гидроксидом меди (II) для тех сахаридов, которые дают положительную реакцию с реактивом Фелинга.

2) *Обнаружение лактозы в молоке*. В небольшой химический стакан (25 мл) наливают 5-7 мл молока, разбавленного водой (1:1), и добавляют к нему несколько капель уксусной кислоты при перемешивании смеси стеклянной палочкой. В кислой среде белок свертывается и выпадает в виде хлопьев.

Осадок отфильтровывают и отбрасывают, а фильтрат нейтрализуют 10-процентным раствором гидроксида натрия до слабощелочной реакции по индикаторной фенолфталеиновой бумажке. Раствор щелочи добавляют по каплям при перемешивании жидкости стеклянной палочкой. Отливают 2 мл полученного щелочного раствора, добавляют к нему 2 мл реактива Фелинга, смесь перемешивают и нагревают верхнюю часть раствора до начинающегося кипения.

Меняется ли окраска раствора? Объясните опыт и напишите уравнение реакции.

3) *Получение озазонов мальтозы и лактозы.* Озазоны мальтозы и лактозы получают по методике, описанной в работе «Альдегиды и кетоны».

Полученные озазоны рассматривают под микроскопом. Кристаллы озазона мальтозы имеют форму игл, частично образующих скопления. Кристаллы озазона лактозы имеют форму пластинок, образующих розетки. Напишите уравнения реакций образования озазанов мальтозы и лактозы.

4) *Осмоление восстанавливающих дисахаридов.* В три пробирки наливают по 1,5 мл 1-процентных растворов мальтозы, лактозы и сахарозы. В каждую пробирку добавляют равный объём 40-процентного раствора гидроксида натрия. Вносят кипятильники и кипятят полученные растворы в течение нескольких минут. (Осторожно, щелочные жидкости кипят толчками.) В пробирках с восстанавливающими дисахаридами (мальтозой и лактозой) растворы приобретают бурую окраску. Раствор сахарозы не меняется.

При нагревании восстанавливающих дисахаридов с концентрированной щёлочью образуется сложная смесь продуктов – происходит осмоление.

Опыт 3. Гидролиз (инверсия) сахарозы

Реактивы: 1-процентный раствор сахарозы, 10-процентный раствор серной кислоты, реактив Фелинга, реактив Селиванова, сухой гидрокарбонат натрия.

Оборудование: термометры, водяные бани.

В пробирку наливают3 мл 1-процентного раствора сахарозы и прибавляют 1 мл 10-процентного раствора серной кислоты. Полученный раствор кипятят в течение 1-2 минут, затем охлаждают и делят на две части. Половину раствора нейтрализуютсухим гидрокарбонатом натрия, добавляя его небольшими порциями при перемешивании. (*Осторожно, жидкость вспенивается*от выделяющегося оксида углерода (IV).) После нейтрализации (когда прекратится выделение CO_2) приливают равный объем реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинающегося кипения.

Изменяется ли окраска реакционной смеси?

В другой пробирке нагревают смесь 1,5 мл 1-процентного раствора сахарозы с равным объемом реактива Фелинга. Сравнивают результаты опыта- реакцию сахарозы с реактивом Фелинга дои после гидролиза.

Объясните процесс. Напишите уравнение реакции гидролиза сахарозы.

Вторую половину гидролизата сахарозы используют для обнаружения фруктозы (кетозы) реакцией Селиванова. В две пробирки наливают по 2 мл реактива Селиванова (раствор резорцинав соляной кислоте), затем в одну пробирку прибавляют 2 капли 1-процентного раствора фруктозы, а в другую – 2 капли 1-процентного раствораглюкозы. Обе пробирки одновременно помещают в водяную баню с температурой 80°С и выдерживают в течение 8 минут. Сравнивают окраску растворов в пробирках с глюкозой и фруктозой. Параллельно проводят реакцию Селиванова с раствором негидролизованной сахарозы.

Сравните окраску растворов в двух пробирках. Объясните опыт.

Опыт 4. Цветные реакции на дисахариды

Реактивы: 10-процентный раствор сахарозы, 2-процентный раствор сульфата кобальта, 2-процентный раствор сульфата никеля, 5-процентный раствор гидроксида натрия, 5-процентный раствор мальтозы, 5-процентный раствор лактозы, 10-процентный раствор аммиака, 5-процентный раствор солянокислого метиламина, 20-процентный раствор гидроксида натрия.

Оборудование: пипетки, термометры, водяные бани.

1) *Реакции на сахарозус сульфатами никеля и кобальта.* В две пробирки наливают по 2,5 мл 10-процентного растворасахарозы и по 1 мл 5-процентного раствора гидроксида натрия. Затем в одну пробирку добавляют несколько капель 2-процентного растворасульфата кобальта, в другую – несколько капель 2-процентного растворасульфата никеля.В пробирке с солью кобальта появляется фиолетовое окрашивание, а с солью никеля – зеленое.

2) *Реакции на восстанавливающие дисахариды с аммиаком и с метиламином.* В пробиркуналивают 1 мл 10-процентного раствора аммиака. Смесь встряхивают и нагревают в водяной бане при 80-90°С до появления красного окрашивания.

В другой пробирке смешивают 2,5 мл 5-процентного раствора мальтозы и 0,5 мл 5-процентного раствора солянокислого метиламина. Смесь кипятят 3-5 минут. После охлажденияв пробирки по каплям добавляют 20-процентный раствор гидроксида натрия при перемешивании до сильнощелочной реакции (примерно 1 мл). Появляется желтое окрашивание, переходящее в ярко-красное. Опытповторяют с 5-процентным раствором лактозы.

Лабораторная работа № 24
Полисахариды

Опыт 1. Качественные реакции на углеводы

Реактивы: крахмал (или целлюлоза), сахароза (или глюкоза), 15-процентный раствор α-нафтола, концентрированная серная кислота, реактив Фелинга, 1-процентный крахмальный клейстер, 1-процентный раствор гликогена, разбавленный раствор иода в иодиде калия (светло-желтого цвета).

Оборудование: древесные опилки (сухие), пипетки, изогнутые газоотводные трубки, фильтровальная бумага, химические стаканы (100 мл), лёд.

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

Реакция с α-нафтолом – качественная реакция на углеводы.

При взаимодействии с концентрированной серной кислотой углеводы разлагаются, наряду с другими продуктами разложения образуетсяфурфурол и его производные; они конденсируются с α -нафтолом с образованием окрашенных продуктов.

Напишите уравнение реакции дегидратации D-глюкозы (образование оксиметилфурфурола).

2) *Реакция высших полисахаридов с реактивом Фелинга.* В две пробирки наливают по 1-1,5 мл 1-процентного крахмального клейстера и 1-процентного раствора гликогена и добавляют равный объем реактива Фелинга. Жидкости перемешивают и нагревают верхнюю часть растворов до начинающегося кипения.

Изменяется ли окраска растворов? Объясните опыт.

3) *Реакция с йодом.* В две пробирки наливают по 1 мл 1-процентных растворов крахмального клейстера и гликогена и затем добавляютпо нескольку капель сильно разбавленного водой раствора йода в иодиде калия.В пробирке с крахмалом появляется интенсивное синее окрашивание. При нагревании этого раствора до кипения синяя окраска исчезает, при охлаждении раствора снова появляется. Гликоген с раствором йода дает красно-бурое окрашивание.

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

4) *Реакция на пентозаны (образование фурфурола).* В пробирку вносят сухие древесные опилки (высота слоя 1-1,5 см) и добавляют соляную кислоту (1:1), в таком количестве, чтобы она покрыла опилки. На полоску фильтровальной бумагинаносят 1-2 капли анилина 1-2 капли ледяной уксусной кислоты (в то же пятно). Смоченную уксуснокислым анилином фильтровальную бумагу подносят к отверстию пробирки и кипятят смесь опилок с соляной кислотой. Фурфурол, содержащийся в выделяющихся парах, образует на бумаге яркое розово-красное пятно. Для отгонки фурфурола, летучего с водяным па-

ром, пробирку закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой, конец, которой опускают в пустую пробирку-приёмник, охлаждаемую в стакане с ледяной водой. Отгоняют несколько капель водной эмульсии фурфурола. В пробирку-приёмник добавляют 1 каплю анилина и 1 каплю ледяной уксусной кислоты. Появляется окрашивание.

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

Опыт 2. Кислотный гидролиз крахмала.

Реактивы: 1-процентный крахмальный клейстер, 10-процентный раствор серной кислоты, разбавленный раствор йода в йодиде калия (светло-жёлтого цвета), 10-процентный раствор гидроксида натрия.

Оборудование: конические колбы (50 мл), пипетки, мерные цилиндры (50 и 10 мл), фарфоровые чашки, индикаторная фенолфталеиновая бумага, реактив Фелинга.

В коническую колбу ёмкостью 50 мл наливают 20-25 мл 1-процентного крахмального клейстера и 3-5 мл 10-процентного раствора серной кислоты. В 7-8 пробирок наливают по 1 мл очень разбавленного йода в йодиде калия. Пробирки ставят в штатив. В первую пробирку вносят 1-3 капли подготовленного для опыта раствора крахмала. Отмечают образовавшуюся окраску. Затем колбу нагревают на асбестовой сетке небольшим пламенем горелки. Через 30 с после начала кипения отбирают пипеткой вторую пробу раствора, которую вносят во вторую пробирку с раствором йода. После встряхивания отмечают цвет раствора. В дальнейшем отбирают пробы раствора через каждые 30 с и вносят их в последующие пробиркис раствором йода. Отмечают постепенное изменение окраски растворов при реакции с йодом. Изменение окраски происходит в следующем порядке: синяя, сине-фиолетовая, красно-фиолетовая, красновато-бурая, оранжевая, оранжево-жёлтая, жёлтая (цвет йода).

После того как реакционная смесь перестанет давать окраску с йодом, её кипятят ещё 2-3 мин, после чего охлаждают и нейтрализуют 10-процентным раствором гидроксида натрия, добавляя его по каплям до щелочной реакции среды (появление розовой окраски на фенолфталеиновой индикаторной бумаге).

Часть щелочного раствора переливают в пробирку, смешивают с равным объёмом реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинающегося кипения.

Выпадает ли красный осадок оксида меди (I)? Напишите уравнение реакции гидролиза крахмала, укажите промежуточные и конечный продукты. Объясните, почему в процессе гидролиза изменяется окраска гидролизата с йодом.

Опыт 3. Свойства целлюлозы

Реактивы: Концентрированная серная кислота, 80-процентный раствор серной кислоты (80 мл концентрированной серной кислоты и 20 мл воды), 5-процентный раствор аммиака, раствор иода в иодиде калия, сухой карбонат натрия, реактив Фелинга, 40-процентный раствор гидроксида натрия, 10-процентный раствор соляной кислоты.

Оборудование: вата гигроскопическая, фильтровальная бумага, химические стаканы (25, 100 и 300 мл), фарфоровые чашки, воздушные холодильники.

1) *Получение растительного пергамента (амилоида).* В три фарфоровые чашки наливают: в первую – 80-процентный раствор серной кислоты, во вторую – дистиллированную воду, в третью – 5-процентный раствор аммиака. В раствор серной кислоты опускают на 8-10 с среднюю часть полоски фильтровальной бумаги (10×3 см), сухие концы бумаги держат в руках. Промывают участок бумаги, обработанный кислотой, в воде, налитойво вторую чашку. Затем нейтрализуют остатки кислоты разбавленным раствором аммиака. Просушивают полученный растительный пергамент между листами фильтровальной бумаги и сравнивают вид и прочность обработанного кислотой участка бумаги с необработанным. Наносят каплю разбавленного раствора иода на обработанный кислотой участок бумаги. Какая получается окраска? Объясните опыт.

2) *Кислотный гидролиз целлюлозы.* В сухую коническую колбу емкостью 50-100 мл помещают немного мелко нарезанных кусочков фильтровальной бумаги и смачивают

их концентрированной серной кислотой. Тщательно перемешивают содержимое колбы стеклянной палочкой до полного разрушения бумаги и образования бесцветного вязкого раствора. Добавляют небольшими порциями при перемешивании 15-20 мл воды (*осторожно!*), колбу соединяют с воздушным обратным холодильником и кипятят реакционную смесь 20-30 минут, периодически перемешивая. После окончания гидролиза отливают 2-3 мл жидкости, нейтрализуют ее сухим карбонатом натрия, добавляя его небольшими порциями (жидкость вспенивается), иобнаруживают присутствие восстанавливающих сахаров реакцией с реактивом Фелинга.

Лабораторная работа № 25
Хроматография

Опыт 1. *Экстракция хлорофилла*

Реактивы: сухие листья крапивы (или любые свежие листья), дистиллированная вода, ацетон (80%), петролейный эфир.

Оборудование: делительная воронка, 2 стакана на 50 мл воронка, стеклянная палочка, фильтровальная бумага

Задание. Путем экстракции хлорофилла из листьев получить раствор

хлорофилла в петролейном эфире.

Ход работы

1. В химический стакан поместите 10 г измельченных листьев, прибавьте 10 мл ацетона. Дайте смеси настояться в течение 15 мин, затем отфильтруйте, отжимая остаток.

2. Фильтрат перенесите в коническую колбу с притертой пробкой.

Обработку оставшихся на фильтре листьев повторите еще 3 раза, используя новые порции ацетона.

3. Объединенный ацетоновый экстракт перелейте в делительную воронку, добавьте 30 мл петролейного эфира, затем дистиллированной воды

в таком количестве, чтобы наступило четкое разделение слоев.

4. Далее энергично встряхивайте смесь в воронке в течение 1-2 мин.

Закрепите воронку в штативе, оставьте до расслаивания смеси. Отметьте

изменение окраски слоя петролейного эфира.

5. Нижний окрашенный слой петролейного эфира слейте через нижний кран, верхний водно-ацетоновый слой - через верхнее отверстие.

Полученный экстракт хлорофилла используйте при выполнении опыта 2.

Опыт 2. Хроматографическое разделение хлорофиллов а и б.

Реактивы: петролейный эфир, экстракт хлорофилла в петролейном эфире.

Оборудование: хроматографическая бумага, хроматографическая камера, капилляр, мерный цилиндр.

Задание: Провести хроматографическое разделение хлорофилла а и б, определить значения. Ход работы 1. В хроматографическую камеру налейте петролейный эфир в таком количестве, чтобы получился слой высотой 5- 7 мм, сверху закройте камеру стеклом для насыщения ее объема парами элюента. 2. Из листа хроматографической бумаги вырежьте полоску размером 2,5х15 см. На расстоянии 1 см от верхнего и нижнего края полоски проведите линию старта и линию финиша. 3. На линию старта капилляром нанесите экстракт хлорофилла. Если после однократного нанесения пятно получилось слабо окрашенное, то поле просушивания повторите процедуру еще несколько раз до получения яркого пятна, каждый раз высушивая. Размер пятна должен быть не более 3 мм в диаметре. 4. Полоску бумаги с пробой поместите в хроматографическую камеру с петролейным эфиром так, чтобы ее края не касались стенок камеры. 5. По достижении элюентом линии финиша, достаньте хроматограмму пинцетом и высушите на воздухе. Обведите карандашом пятна хлорофилла а и б, определите значения Rf.

Лабораторная работа №26
Изучение биологических материалов методом ИК-спектроскопии

Оборудование и материалы: Фурье ИК-спектрометр, биологические материалы

(волосы, ногти).

Порядок выполнения работы

1. Изучить инструкцию по безопасности. Расписаться в журнале по технике безопасности.

2. Изучить руководство по эксплуатации прибора *Фурье ИК-спектрометр.*

3. Получить нулевую линию.

4. Снять ИК спектр образца, не забывая записывать «нулевую линию» после каждых 3 измерений.

5. Спектр каждой пробы записываем 3 раза, меняя положение образца на кристалле.

6. Для каждого образца из ИК спектров определить функциональные группы по характеристическим частотам.

7. Произвести сравнение полученных спектров с табличными данными.

8. Полученные результаты занести в таблицу.

9. Произвести отнесение интенсивных полос поглощение по корреляционным таблицам к тем или иным функциональным группам (см. приложение)

10. Найти закономерное изменение интенсивностей полос. При интерпретации ИК спектров важно обращать внимание не только на положение максимумов характеристических полос, но и на их интенсивности, форму и расположение относительно других полос. Проанализировать результаты и сделать выводы. Используйте рекомендуемую литературу и другие источники.

11. С помощью рассматриваемого метода сделать доказательства об изменении структуры биологических материалов под действием, например, возраста, наркотических агентов, общей анестезии или заболеваний.

12. Форма отчета: спектры биологических образцов, частоты основных максимумов поглощения для каждого образца и их отнесение.

Идентификация полос в ИК спектре

№	Область, $см^{-1}$	Валентные колебания	Область, $см^{-1}$	Деформационные колебания
1				
2				
3				

Контрольные вопросы

1. Что такое ИК спектр?
2. В каком диапазоне длин волн лежит ИК область спектра?
3. Что такое валентное и деформационное колебание?
4. Как сказывается масса атомов и энергия связи на частоту валентных колебаний?
5. Какие моменты необходимо учитывать при расшифровке спектров?
6. Перечислите основные части рабочей установки.
7. Для чего нужна «нулевая линия»?
8. Что такое белок? Аминокислота? Пептидная связь? Кератин?

Структурный фрагмент	ν, см$^{-1}$	Тип колебаний	Комментарии
1	2	3	4
NH_2-группа аминокислоты	3130–3030 1660–1610 1550–1485	ν_{N-H} (ср.) ν_{N-H} (сл.) ν_{N-H} (ср.)	Валентные колебания NH_3^+ Деформац. колебания NH_3^+, Аминокислотная полоса I Деформац. колебания NH_3^+, Аминокислотная полоса II
Дикарбоновые α-аминокислоты	1755–1720	(с.)	Валентные колебания C=O в COOH
Дикарбоновые аминокислоты	1730–1700 1230–1215	(с.) (с.)	Валентные колебания C=O в COOH Колебания с участием связи C-O-C
Все аминокислоты	1600–1560 2760–2530 2140–2080 1335–1300	(с.) (сл.) (сл.) (ср.)	Колебания $–CO_2$
Соли аминокислот H_2N-$(CH_2)n$-CO_2-M^+			
$-NH_2$	3400–3200	ν_{N-H} (с.)	Две полосы
$-CO_2^-$	1600–1560	с.	
[Хлористоводородные соли аминокислот H_3N^+-$(CH_2)n$-$CO_2H]Cl^-$			
1	2	3	4
$-NH_3^+$	3130–3030 1610–1590 1550-1485 1335–1300 1230–1215	(ср.) (сл.) (пер.) (ср.) (с.)	Валентные колебания ν_{N-H} в $-NH_3^+$ Деформационные колебания $-NH_3^+$ Деформационные колебания $-NH_3^+$ Колебания с участием -C-O- связей

Примечание. с. – сильная полоса; ср. – полоса средней интенсивности; пер. – полоса переменной интенсивности; сл. – слабая полоса.

6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА

6.1 Оценочные средства, показатели и критерии оценивания компетенций

Индекс компетенции	Оценочное средство	Показатели оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций
УК-1 ОПК-8 ПК-2	Отчет по лабораторной	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе экспе-

	работе		римента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а) работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) допустимы: неполнота проведения или оформления эксперимента, одна-две несущественные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).
	Коллоквиум	Низкий – неудовлетворительно	- незнание программного материала; - при ответе возникают ошибки; - затруднения при выполнении практических работ.
		Пороговый – удовлетворительно	- усвоение основного материала; - при ответе допускаются неточности; - при ответе недостаточно правильные формулировки; - нарушение последовательности в изложении программного материала; - затруднения в выполнении практических заданий.
		Базовый – хорошо	- знание программного материала; - грамотное изложение, без су-

			щественных неточностей в ответе на вопрос; - правильное применение теоретических знаний; - владение необходимыми навыками при выполнении и практических задач.
		Высокий – отлично	- глубокое и прочное усвоение программного материала; - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания; - свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала; - правильно обоснованные принятые решения; - владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.
	Контрольная работа	Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
	Учебные задачи	Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	студент правильно выполнил не менее половины работы или до-

			пустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
	Тест	Низкий – до 60 баллов (неудовлетворительно)	за верно выполненное задание тестируемый получает максимальное количество баллов, предусмотренное для этого задания, за неверно выполненное – ноль баллов. После прохождения теста суммируются результаты выполнения всех заданий. Подсчитывается процент правильно выполненных заданий теста, после чего этот процент переводится в оценку, руководствуясь указанными критериями оценивания.
		Пороговый – 61-75 баллов (удовлетворительно)	
		Базовый – 76-84 баллов (хорошо)	
		Высокий – 85-100 баллов (отлично)	

6.2 Промежуточная аттестация студентов по дисциплине

Промежуточная аттестация является проверкой всех знаний, навыков и умений студентов, приобретённых в процессе изучения дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачёт (с оценкой), экзамен, защита курсовой работы.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяются следующие критерии оценивания.

Критерии оценивания устного ответа на зачете (с оценкой) и устного ответа на экзамене

Оценка «5» (отлично) ставится, если студент:

1) полно раскрыто содержание материала билета;

2) материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология;

3) показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации;

4) продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков;

5) ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов;

6) допущены одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов, которые исправляются по замечанию;

7) правильно решена задача.

Оценка «4» (хорошо) ставится, если:

ответ студента удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5», но при этом имеет один из недостатков:

1) в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа;

2) допущены один – два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию экзаменатора;

3) допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию экзаменатора;

4) в задаче допущена ошибка.

Оценка «3» (удовлетворительно) ставится, если:

1) неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;

2) имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов;

3) при неполном знании теоретического материала выявлена недостаточная сформированность компетенций, умений и навыков, студент не может применить теорию в новой ситуации;

4) решение задачи вызывает затруднения.

Оценка «2» (неудовлетворительно) ставится, если:

1) не раскрыто основное содержание учебного материала;

2) обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;

3) допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.

4) не сформированы компетенции, умения и навыки;

5) задача не решена.

Критерии оценивания курсовой работы

Анализ результатов курсовой работы проводится по следующим критериям:

1. Навыки самостоятельной работы с материалами исследования.

2. Умение правильно применять методы исследования.

3. Умение грамотно интерпретировать полученные результаты.

4. Способность осуществлять необходимые расчеты, получать результаты и грамотно излагать их в отчетной документации.

5. Умение выявить проблему, предложить способы ее разрешения, умение делать выводы.

6. Умение оформить итоговый отчет в соответствии со стандартными требованиями.

7. Умение работать с литературой, использовать первоисточники.

Пункты с 1 по 7 дают до 50 % вклада в итоговую оценку студента.

8. Умение защищать результаты своей работы, грамотное построение речи, использование при выступлении специальных терминов.

9. Способность кратко и наглядно изложить результаты работы.

Пункты 7,8 дают до 35 % вклада в итоговую оценку студента.

10. Уровень самостоятельности, творческой активности и оригинальности при выполнении работы.

11. Выступления на конференциях и подготовка к публикации тезисов для печати по итогам работы.

Пункты 8 – 11 дают до 15 % вклада в итоговую оценку студента.

Оценка 5 (отлично) ставится, если:

- студент в срок, в полном объеме и на высоком уровне выполнил курсовую рабо-

ту;

- тема, заявленная в работе, раскрыта полностью, все выводы студента подтверждены материалами исследования и расчетами;
- при защите и написании работы студент продемонстрировал вышеперечисленные навыки и умения;
- отчет подготовлен в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Оценка 4 (хорошо) ставится, если:

- студент выполнил курсовую работу с незначительными замечаниями, был менее самостоятелен и инициативен;
- тема работы раскрыта, но выводы носят поверхностный характер**;**
- практические материалы обработаны не полностью.

Оценка 3 (удовлетворительно) ставится, если:

- студенту, который допускал просчеты и ошибки в работе;
- не полностью раскрыл заявленную тему;
- делал поверхностные выводы
- слабо продемонстрировал аналитические способности и навыки работы с теоретическими источниками.

Оценка 2 (неудовлетворительно) ставится, если:

- студент не выполнил курсовую работу, либо выполнил с грубыми нарушениями требований;
- не раскрыл заявленную тему;
- не выполнил практической части работы.

Вопросы к зачёту, 5 семестр

1. Концепция гибридизации. Природа С-С и С-Н связей в алканах. Понятие о конформациях и конформерах алканов. Проекционные формулы Ньюмена. Конформации этана, пропана, бутана и высших алканов. Энергетическая диаграмма конформационного состояния молекулы алкана.
2. Стереохимия. Хиральность. Асимметрический атом. Оптическая активность. Способы изображения энантиомеров: трёхмерные клиновидные проекции, проекционные формулы Фишера, «лесопильные козлы». Относительная и абсолютная конфигурация. Диастереомеры. Рацематы. Методы разделения смеси изомеров.
3. Природные источники алканов. Методы синтеза: гидрирование непредельных углеводородов, синтез через литий-диалкилкупраты, восстановление алкилгалогенидов (активными металлами, алюмогидридом лития), гидролиз металлоорганических соединений, восстановление карбонильных соединений, реакция Вюрца и Вюрца - Гриньяра, электролиз водных растворов солей карбоновых кислот.
4. Химические свойства алканов. Механизм реакций S_R. Галогенирование (хлорирование, бромирование, иодирование, фторирование). Сульфохлорирование. Селективность радикальных реакций и относительная стабильность алкильных радикалов. Термический и каталитический крекинг. Нитрование. Жидкофазное нитрование (М.И. Коновалов), парофазное нитрование оксидами азота (А.И. Титов).
5. Окисление алканов. Горение. Окисление алканов с разрывом С-С связей. Окисление н-алканов до спиртов без разрыва С-С связей (способ Башкирова). Расщепление. Крекинг, пиролиз. Понятие о термическом и каталитическом крекинге. Изомеризация н-алканов в изоалканы.
6. Природа двойной связи. Геометрическая изомерия (*цис-, транс-* и Z-, E-номенклатура). Методы синтеза: элиминирование галогеноводорода из алкилгалогенидов, воды из спиртов, стереоселективное восстановление алкинов. Ряд стабильности алкенов, выведенный на основе теплот гидрирования. Гетерогенное и гомогенное гидрирование алкенов.
7. Электрофильное присоединение (Ad_E). Общее представление о механизме реакций, π-

и σ-комплексы, ониевые ионы. Стерео - и региоселективность. Правило Марковникова. Галогенирование: механизм, стереохимия. Гидрогалогенирование. Гидратация.

8. Промышленный метод синтеза этанола и пропанола-2. Окисление алкенов до оксиранов (по Прилежаеву) и до диолов по Вагнеру ($KMnO_4$) и Криге (OsO_4). Стереохимия гидроксилирования алкенов, озонолиз алкенов.

9. Радикальные реакции: присоединение бромистого водорода по Харашу (механизм) и аллильное галогенирование по Циглеру.

10. Электрофильное присоединение к алкинам. Сравнение реакционной способности алкинов и алкенов. Галогенирование, гидрирование, гидрогалогенирование, гидратация (Кучеров).

11. Природа тройной связи. Методы синтеза алкинов. С-Н-кислотность ацетилена, понятие о карбанионах. Ацетилениды натрия и меди, магнийорганические производные алкинов: их получение и использование в органическом синтезе.

12. Типы диенов. Аллены, сопряженные диены. Методы синтеза 1,3-диенов: дегидрирование алканов, дегидратация 1,4-диолов. Бутадиен-1,3, особенности строения. Молекулярные орбитали 1,3-диенов. Галогенирование и гидрогалогенирование 1,3-диенов. Аллил-катион. 1,2- и 1,4-присоединение. Реакция Дильса-Альдера с алкенами и алкинами, стереохимия реакции и ее применение в органическом синтезе.

13. Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода в алкилгалогенидах, как метод создания связи углерод-углерод, углерод-азот, углерод-кислород, углерод-сера, углерод-фосфор (получение алкилгалогенидов, спиртов, тиолов, простых эфиров, нитросоединений, аминов, нитрилов, сложных эфиров и др.).

14. Основные характеристики S_N2 реакций, вальденовское обращение. Понятие о нуклеофильности.

15. Реакции S_N1-типа. Карбокатионы, факторы, определяющие их устойчивость. Перегруппировки карбокатионов.

16. Конкурирующие реакции дегидрогалогенирования: Е1, Е2. Направление элиминирования. Правила Зайцева и Гофмана.

17. Одноатомные спирты. Электронное строение спиртов, схема σ- связей, их полярность. Методы получения: окисление алканов, из алкенов, карбонильных соединений, галогеналканов, с помощью реактивов Гриньяра, из аминов, сложных эфиров и карбоновых кислот.

18. Свойства спиртов. Спирты, как слабые О-Н кислоты. Спирты, как основания Льюиса.

19. Замещение гидроксильной группы в спиртах на галоген (под действием галогеноводородов, галогенидов фосфора, хлористого тионила). Механизм и замещения. Дегидратация спиртов.

20. Окисление первичных спиртов до альдегидов и карбоновых кислот, вторичных спиртов до кетонов. Реагенты окисления на основе хромового ангидрида и двуокиси марганца.

21. Двухатомные спирты. Методы синтеза. Свойства. Качественная реакция.

22. Простые эфиры. Методы получения: реакция Вильямсона, алкоксимеркурирование алкенов, межмолекулярная дегидратация спиртов. Свойства простых эфиров: образование оксониевых солей, расщепление кислотами.

Задачи

1. Завершите уравнение реакции монохлорирования бутана (2-метилпропана). Дайте механизм и объясните состав продуктов реакции.

2. Установите строение основных продуктов присоединения бромоводорода к следующим соединениям в условиях свободноионного и радикального процессов: з-хлорпропилен, аллиловый спирт.

3. Из какого галогеноалкана и с помощью каких реакций можно получить следующие соединения: бутан, бутен-1, бутанол-2, бутилцианид, хлористый бутилмагний?

4. Установите строение вещества состава $C_5H_{12}O$, которое при взаимодействии с бромистым бутилмагниемвыделяется бутан, а при окислении образуется вещество, восстанавли-

вающее фелингову жидкость. Напишите уравнения упомянутых реакций.

5. Напишите превращения гексина-3 при действии следующих реагентов: а) натрий в жидком аммиаке, б)H_2,Pd|$BaSO_4$, в)$LiAlH_4$. Назовите продукты по заместительной номенклатуре.

6. Напишите структурную формулу продукта, образующегося в результате реакции пропанола-1 с каждым из следующих реагентов: серная кислота (при 140^0); серная кислота (при200^0); азотная кислота (в присутствии серной); пиридин-оксид хрома(VI); металлический натрий, дихромат калия в присутствии серной кислоты.

7.Напишите уравнения реакций с указанием реагентов, необходимых для получения 2-фенилэтанола из следующих исходных соединений: бромбензол, стирол, фенилацетилен.

8. Предскажите основные продукты реакций пропена с 1) озоном (восстановительное расщепление), 2) перманганатом калия в щелочной среде, 3) водой в кислой среде, 4) бромоводородом в присутствии перекисей.

9. Получите бутадиен-1,3 из 1,4-дибромбутана, из 1,4-бутандиола, из 4-хлорбутена-1.

10. Какие соединения получатся в результате диенового синтеза изопрена с акрилонитрилом и метилвинилкетоном?

11. Получите акролеин из глицерина. Напишите для него реакцию гидратации.

12. Осуществите превращение: этилен→ окись этилена → бутанол-1→ бутаналь. Укажите условия проведения реакций.

13. На 1,1-дибромбутан последовательно подействуйте избытком спиртового раствора гидроксида калия, избытком бромоводорода, водным раствором щёлочи. Назовите промежуточные вещества и конечный продукт.

14. Исходя из ацетилена, получите бромистый этил. Напишите для него реакции с нитритом серебра, с магнием в абсолютном эфире, с аммиаком, с этилатом натрия.

Вопросы к экзамену по органический химии, 6 семестр

1. Строение бензола. Формула Кекуле. Молекулярные орбитали бензола. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля. Критерии ароматичности: квантовохимический, энергетический (теплоты гидрирования) и магнитный.

2. Конденсированные ароматические углеводороды: нафталин. Особенности строения. Получение. Свойства (реакции присоединения, окисления, электрофильного замещения).

3. Конденсированные ароматические углеводороды: фенантрен. Особенности строения. Получение. Свойства (реакции присоединения, окисления, электрофильного замещения).

4. Конденсированные ароматические углеводороды: антрацен. Особенности строения. Получение. Свойства (реакции присоединения, окисления, электрофильного замещения).

5. Получение ароматических углеводородов в промышленности - каталитический риформинг нефти, переработка коксового газа и каменноугольной смолы. Лабораторные методы синтеза: реакция Вюрца-Фиттига, алкилирование бензола и аренов по Фриделю-Крафтсу, восстановление жирноароматических кетонов.

6. Каталитическое гидрирование аренов, восстановление аренов по Берчу. Реакции замещения водорода в боковой цепи алкилбензолов на галоген. Окисление алкилбензолов и конденсированных ароматических углеводородов до карбоновых кислот.

7. Реакци ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций. Представление оπ- и σ -комплексах. Структура переходного состояния. Нитрование, галогенирование, сульфирование.

8. Влияние заместителя на скорость и направление электрофильного замещения. Согласованная и несогласованная ориентация.

9. Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты. Механизм реакции. Полиалкилирование. Синтез диарил- и триарилметанов. Триарилметилкатионы, анионы и радикалы. Методы их генерирования и стабильность.

10. Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу.Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования. Формилирование по Гаттерману-Коху и другие родственные реакции.

11. Превращение галогенбензолов в фенолы и ароматические амины. Методы генерирования и фиксации дегидробензола. Строение дегидробензола. Механизм присоединения-отщепления S_NAr, примеры реакций и активирующее влияние электроноакцепторных заместителей. Анионные σ -комплексы Мейзенгеймера и их строение.
12. Адипиновая кислота. Конденсация Дикмана. Ацилоиновая конденсация эфиров дикарбоновых кислот как метод синтеза средних макроциклов. Фталевая и терефталевая кислоты, промышленные методы получения. Фталевый ангидрид, фталимид и его использование в синтезе.
13. Методы получения фенолов. Свойства: фенолы как ОН-кислоты, влияние заместителей на кислотность фенолов. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов. Карбоксилирование фенолятов щелочных металлов по Кольбе. Формилирование. Перегруппировка аллиловых эфиров фенолов (Кляйзен).
14. Двухосновные кислоты. Методы синтеза. Щавелевая кислота, диэтилоксалат в сложноэфирной конденсации. Малоновая кислота: синтезы с малоновым эфиром, реакция Михаэля, конденсации с альдегидами (Кневенагель). Янтарная кислота, ее ангидрид, имид, N-бромсукцинимид.
15. Синтез моносахаридов. Реакции моносахаридов. Синтез простых и сложных эфиров моносахаридов. Окисление и восстановление альдоз. Образование озазонов.
16. Методы получения альдегидов и кетонов. Промышленное получение формальдегида, ацетальдегида и высших альдегидов (гидроформилирование). Строение карбонильной группы, ее полярность и поляризуемость.
17. Механизм нуклеофильного присоединения по карбонильной группе альдегидов и кетонов. Кислотный и основной катализ. Примеры реакций. Защита карбонильной группы. Получение бисульфитных производных и циангидринов.
18. Нитроалканы. Методы синтеза. Строение нитрогруппы. Кислотность и таутомерия нитроалканов. Реакции нитроалканов. Ароматические нитросоединения. Синтез и восстановление нитроаренов. Бензидиновая перегруппировка.
19. Взаимодействие альдегидов и кетонов с азотистыми основаниями, с металлоорганическими соединениями. Синтез спиртов. Енолизация альдегидов и кетонов.
20. Методы получения аминов. Амины как основания. Сравнение основных свойств алифатических и ароматических аминов. Влияние на основность аминов заместителей в ароматическом ядре.
21. Алкилирование и ацилирование аминов. Защита аминогруппы. Термическое разложение гидроксидов тетраалкиламмония по Гофману. Взаимодействие алифатических и ароматических аминов с азотистой кислотой. Окисление и галогенирование аминов. Реакции электрофильного замещения в ароматических аминах.
22. Альдольная и кротоновая конденсация альдегидовв, механизм реакций. Бензоиновая конденсация.
23. Ароматические диазосоединения. Механизм реакции диазотирования. Строение и устойчивость солей диазония.
24. Восстановление альдегидов и кетонов. Окисление альдегидов, реагенты окисления. Окисление кетонов перкислотами по Байеру-Веллигеру. Диспропорционирование альдегидов по Канниццаро (прямая и перекрестная реакции).
25. Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и диазосоставляющие, условие сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители.
26. Фуран, тиофен, пиррол. Синтез с использованием 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр), взаимные переходы (реакция Юрьева). Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах. Ориентация электрофильного замещения.
27. Строение карбоксильной группы. Физико-химические свойства: ассоциация, диссоциация, влияние заместителей на кислотность. Галогенирование кислот по Гелю-Фольгарду-

Зелинскому. Пиролитическая кетонизация, электролиз по Кольбе, декарбоксилирование по Хунсдиккеру.

28. Пиридин. Особенности строения. Синтез пиридина. Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения в ядре пиридина. Основные свойства пиридина. Окисление и восстановление пиридина.

29. Пиридин. Синтез. Основанные свойства. Реакции пиридина с алкилгалогенидами. Окисление и восстановление. Реакции электрофильного замещения.

30. Производные карбоновых кислот: галогенангидриды, ангидриды, сложные эфиры, амиды. Методы получения. Реакции: гидролиз, алкоголиз, аминолиз.

31. Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине.

32. Номенклатура аминокислот. Природные аминокислоты. Хиральность аминокислот, образующих протеины. Кислотно-основные (амфотерные) свойства природных аминокислот. Синтезы а -аминокислот и разделение рацемических форм. Асимметрический синтез.

33. Моносахариды. Классификация и стереохимия моносахаридов. Альдозы и кетозы. α- и b -Аномеры. Таутомерия моносахаридов, мутаротация глюкозы. Химические свойства моносахаридов.

34. Дисахариды (биозы): мальтоза, целлобиоза, лактоза, сахароза. Восстановительные свойства дисахаридов. Инверсия сахарозы. Полисахариды: крахмал, целлюлоза.

35. Оксикислоты. Классификация. Оптическая изомерия оксикислот. Синтезы оксикислот. Особенности химических свойств.

36. Классификация алициклов. Энергия напряжения циклоалканов и ее количественная оценка на основании сравнения теплот образования и теплот сгорания циклоалканов и соответствующих алканов. Типы напряжения в циклоалканах и подразделение циклов на малые, средние циклы и макроциклы.

37. Строение циклопропана, циклобутана, циклопентана, циклогексана. Конформационный анализ циклогексана. Аксиальные и экваториальные связи в конформации "кресло" циклогексана.

38. Методы синтеза циклопропана, циклобутана и их производных. Особенности химических свойств соединений с трехчленным циклом.

39. Синтез соединений ряда циклопентана и циклогексана. Особенности химических свойств циклопентана и циклогексана.

Задачи

1. Из анилина и других необходимых неароматических реагентов получите 3,4,5-тринитробромбензол.
2. Какие продукты можно получить при окислении глюкозы? Напишите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их проведения.
3. Предложите схему синтеза 3-бром-2,5-диметилбензальдегида из толуола.
4. Из пентозы получите гексозу.
5. Напишите уравнения реакций: а) фруктозы с амальгамой натрия в водной среде,
6. б) фруктозы с хлористым ацетилом (в избытке).
7. Пятичленный насыщенный азотистый гетероцикл – пирролидин – имеет свойства вторичного амина. Напишите уравнения его реакций с хлороводородом, бензоилбромидом.
8. Для фурана, тиофена, пиррола приведите примеры реакций: а) электрофильного замещения, б) присоединения.
9. Из бензола и пропилового спирта получите пропилбензол и изопропилбензол. Полученные углеводороды окислите перманганатом калия.
10. Из бензола и других необходимых реагентов получите метиловый эфир 5-амино-4-бром-2-нитробензойной кислоты.
11. Получите 2,5-диметилциклопентанкарбоновую кислоту, исходя из натриймалонового эфира и соответствующих дигалогенопроизводных.
12. Из бензола получите йодбензол.
13. Как химическим путём отличить сахарозу от лактозы?

14. Приведите схему енолизации мальтозы.
15. Напишите уравнения реакций моносульфирования бензола, пиррола и пиридина. Укажите условия.
16. Получите 2-амино- и 3-аминопиридин.
17. Из бензола и пропилового спирта получите пропилбензол и изопропилбензол. Предложите механизм реакции. Полученные углеводороды окислите перманганатом калия.
18. Среди перечисленных соединений укажите те, в которых проявляется несогласованная ориентация: п-аминоанилин, м-нитрофенол, м-крезол. Приведите примеры реакций электрофильного замещения в этих соединениях. Рассмотрите механизм.
19. Расположите соединения по возрастающей лёгкости протекания реакций электрофильного замещения: бензонитрил, аминобензол, хлорбензол, изопропилбензол. Аргументируйте свой выбор. Приведите примеры соответствующих реакций.
20. Какой углеводород получается при алкилировании бензола бромистым изобутилом по реакции Фриделя-Крафтса? Рассмотрите механизм реакции. Предложите другой путь синтеза.
21. Расположите соединения по увеличению выхода м-изомера, образующегося при нитровании толуола, бензотрихлорида, бензола. Аргументируйте свой выбор. Рассмотрите механизм.
22. Нитрование 2,4,6-тритрет-бутилтолуола (нитрующая смесь, 25^0С) приводит к образованию трёх азотсодержащих органических соединений. Напишите структурные формулы этих продуктов реакции. Предложите механизмы, которые объяснили бы образование каждого продукта.

Примерная тематика курсовых работ

1. Нуклеофильное замещение в спиртах.
2. Электрофильное ароматическое замещение.
3. Нитрозирование.
4. Окисление спиртов и альдегидов.
5. Реакции карбоновых кислот и их производных с основаниями.
6. Сложноэфирная конденсация.
7. Альдольно-кротоновая конденсация.
8. Восстановление нитрозо- и нитросоединений.
9. Азосочетание. Азокрасители.
10. Изучение биохимического состава семян амаранта.
11. Физико-химические свойства ферментов семян амаранта.
12. Влияние стрессоров на активность ферментов семян амаранта.

6.3 Оценочные средства для проверки уровня сформированности компетенций УК-1, ОПК-8, ПК-2

Тесты содержат следующие типы заданий:

Тип задания	№ задания	Вес задания (балл)	Результат оценивания (баллы, полученные за выполнение задания / характеристика правильности ответа)
задания закрытого типа с выбором одного правильного (1 из 4)	1, 2, 3	1 балл	1 б - полное правильное соответствие; 0 б - остальные случаи
задания закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов (3 из 6)	4, 5, 6, 7	2 балла	2 б – полное правильное соответствие (последовательность вариантов ответа может быть любой); 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания закрытого типа на установление	8, 9	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ пра-

соответствия (4 на 4)			вильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задание закрытого типа на установление последовательности	10, 11	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания открытого типа с кратким ответом	12, 13	3 балла	3 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи.
задания открытого типа с развернутым ответом	14, 15	5 баллов	5 б – полное правильное соответствие; если допущена одна ошибка/неточность / ответ правильный, но не полный - 3 балла; если допущено более одной ошибки / ответ неправильный / ответ отсутствует – 0 баллов

Формируемая компетенция	Индикаторы сформированности компетенции
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.

Задание 1. В каком из вариантов вещества перечислены в порядке возрастания кислотных свойств?
1. Этанол → Фенол → Эти́н → Уксусная кислота
2. Эти́н → Этанол → Фенол → Уксусная кислота
3. Этанол → Эти́н → Фенол → Уксусная кислота
4. Фенол → Этанол → Эти́н → Уксусная кислота

Ответ: 2

Задание 2. При изучении реакции алкенов с бромоводородом в отсутствие пероксидов студент должен объяснить, почему продуктом реакции пропена с HBr является 2-бромпропан, а не 1-бромпропан. Какое объяснение является наиболее полным и точным с точки зрения теории механизмов органических реакций?
1. Атом брома имеет больший радиус, чем атом водорода, поэтому он присоединяется к более замещенному атому углерода из-за стерических препятствий.
2. Реакция идет против правила Марковникова, так как бром является электроотрицательным элементом.
3. Реакция протекает по механизму электрофильного присоединения, и ее региоселективность определяется большей стабильностью вторичного карбокатиона по сравнению с первичным, образующимся при атаке протона на другой углерод двойной связи.
4. Продукт реакции определяется исключительно статистической вероятностью подхода молекулы HBr к симметричной молекуле пропена.

Ответ: 3.

Задание 3. При нитровании ароматического соединения C_8H_{10} образуется только один мононитропродукт. Проанализируйте эту информацию и сделайте вывод о строении исходного соединения.
1. Это толуол, а продукт реакции — пара-нитротолуол.
2. Это о-ксилол (1,2-диметилбензол).
3. Это м-ксилол (1,3-диметилбензол).
4. Это п-ксилол (1,4-диметилбензол).

Ответ: 4

Задание 4: Проанализируйте строение предложенных соединений. Выберите **ТРИ** из них, которые проявляют достаточно выраженные кислотные свойства, чтобы реагировать с гидроксидом натрия (NaOH) в водном растворе с образованием солей?
1. Этанол (C_2H_5OH)
2. Фенол (C_6H_5OH)
3. Уксусная кислота (CH_3COOH)
4. Этилен (C_2H_4)
5. Муравьиная кислота
6. Уксусный альдегид (CH_3CHO)

Ответ: 2, 3, 5

Задание 5: Какие **ТРИ** из перечисленных ниже процессов включают карбокатион в качестве промежуточной частицы?
1. Гидратация пропена в сернокислотной среде
2. Реакция бромистого этила с гидроксидом натрия по механизму S_N2
3. Дегидратация этанола в кислой среде
4. Присоединение брома к этилену
5. Реакция трет-бутилбромида с водой по механизму S_N1
6. Дегидрогалогенирование 2-бромбутана под действием спиртового раствора KOH (E2)

Ответ: 1, 4, 5

Задание 6: При нитровании нафталина выход изомеров зависит от температуры. Какие **ТРИ** утверждения о реакциях электрофильного замещения в нафталине являются верными?
1. При низких температурах (~0°C) преимущественно образуется α-нитронафталин, так как эта реакция кинетически контролируема.
2. Высокая реакционная способность α-положения связана с большей стабильностью α-σ-комплекса по сравнению с β-комплексом.
3. При высоких температурах (~160°C) преимущественно образуется β-нитронафталин, так как эта реакция термодинамически контролируема.
4. Сульфирование нафталина, в отличие от нитрования, всегда приводит только к β-изомеру.
5. Все реакции электрофильного замещения в нафталине протекают исключительно в β-положение из-за его большей доступности.

Ответ: 1, 2, 3

Задание 7. В лаборатории имеются две склянки без этикеток с веществами: бензол, фенол. Какие **ТРИ** химические реакции или качественные пробы из предложенного списка можно использовать для их надежного различения?
1. Действие бромной водой (Br_2/H_2O) при комнатной температуре
2. Действие раствором перманганата калия ($KMnO_4$) в нейтральной среде при комнатной температуре
3. Реакция с металлическим натрием (Na)
4. Реакция с раствором хлорида железа (III) ($FeCl_3$)
5. Обработка концентрированной серной кислотой (H_2SO_4 conc.)
6. Нитрование смесью HNO_3/H_2SO_4

Ответ: 1, 3, 4

Задание 8: Установите соответствие между **типом гибридизации** атома углерода и **тремя верными характеристиками**, которые его описывают.

1. sp^3: Тетраэдрическая, ~109°, алканы, только σ-связи
2. sp^2: Тригональная плоская, ~120°, алкены, σ-связи + одна локализованная π-связь
3. sp: Линейная, ~180°, алкины, σ-связи + две π-связи
4. $2s^12p^3$: Возбуждённое состояние атома углерода

Задание 9: Проанализируйте особенности различных типов химических реакций в органической химии и установите соответствие между **типом реакции** и **тремя верными характеристиками**, которые его описывают.

1. Электрофильное присоединение: Ионный механизм, раскрытие π-связи, подчиняется правилу Марковникова
2. Электрофильное замещение: Катализаторы Льюиса ($AlCl_3$, $FeBr_3$), образование σ-комплекса, обусловлена ориентантами I и II рода
3. Нуклеофильное замещение: Ионный, полярные растворители, нагревание, механизм зависит от строения субстрата
4. Радикальное замещение: Цепной процесс, температура или облучение, нерегиоселективный процесс

Задание 10: Установите правильную последовательность реакций при синтезе ацетата натрия из карбида кальция:

1 : Гидролиз
2 : Гидратация
3 : Окисление
4 : Взаимодействие со щёлочью

Задание 11: Восстановите последовательность реакций, необходимых для синтеза 2-нитро-4-фенолсульфокислоты из бензола

1 : Хлорирование
2 : Взаимодействие с водным раствором щёлочи с последующим подкислением
3 : Сульфирование
4 : Нитрование

Задание 12: Преимущественное образование одного пространственного изомера над другим в результате химической реакции называется
Ответ: стереоселективность

Задание 13: Любое относительное расположение атомов молекулы в пространстве, которое может быть достигнуто без нарушения целостности молекулы в результате свободного вращения вокруг σ-связей или деформации валентных углов, называется
Ответ: конформация

Задание 14: Проанализируйте достоинства и недостатки способа получения 2-хлорпропана из пропана.
Ответ: Хлорирование пропана.
Достоинства: доступность реагентов, возможность проведения при атмосферном давлении.
*Недостатки: о*бразование смеси изомеров, низкая селективность, побочное образование полихлорированных продуктов.

Задание 15: При проведении лабораторной работы по изучению реакций электрофильного присоединения к несимметричным алкенам студенты получили смесь продуктов с нарушением правила Марковникова. Предложите три возможные причины наблюдаемого нарушения правила Марковникова
Ответ: присутствие пероксидов, радикальный механизм реакции, неправильные условия проведения.

Формируемая компетенция	Индикаторы сформированности компетенции
ОПК-8. Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	ОПК-8.3 Демонстрирует специальные научные знания, в том числе в предметной области.

Задание 1. Карбоновая кислота $(CH_3)_2CHCOOH$ является более сильной по сравнению с кислотой $CH_3CH_2CH_2COOH$. Какое из следующих положений теории электронных смещений наиболее точно объясняет это явление?
1. Мезомерный эффект (+M) метильных групп в $(CH_3)_2CH$- повышает электронную плотность на карбоксильной группе.
2. Индуктивный эффект (+I) изопропильного радикала в $(CH_3)_2CH$- понижает электронную плотность на карбоксильной группе.
3. Индуктивный эффект (-I) изопропильного радикала стабилизирует сопряженное основание (карбоксилат-анион).
4. Индуктивный эффект (+I) изопропильного радикала дестабилизирует сопряженное основание (карбоксилат-анион).
Ответ: 3

Задание 2. При проведении лабораторной работы студенты изучали реакцию непредельного углеводорода с бромной водой. Наблюдалось быстрое обесцвечивание раствора. Какое из приведенных ниже утверждений о механизме этой реакции является верным?
1. Реакция протекает по радикальному механизму и инициируется светом.
2. Реакция является реакцией замещения и приводит к образованию бромпроизводного.
3. Реакция протекает по механизму электрофильного присоединения с образованием дибромалкана.
4. Реакция является реакцией окисления, где бром выступает в роли окислителя.
Ответ: 3

Задание 3. При нитровании толуола в жёстких условиях может образоваться 2,4,6-тринитртолуол (тротил). Какое из следующих утверждений правильно описывает причину преимущественного образования продуктов замещения в орто- и пара- положениях на первой стадии этого многостадийного процесса?
1. Метильная группа является ориентантом второго рода и дезактивирует бензольное кольцо для реакций электрофильного замещения.
2. Метильная группа является ориентантом первого рода и оказывает +I- и +C-эффекты, что увеличивает электронную плотность в орто- и пара- положениях.
3. Метильная группа является сильным акцептором электронной плотности, что стабилизирует интермедиат (σ-комплекс) при атаке электрофила в мета-положение.
4. Реакция нитрования толуола протекает по механизму нуклеофильного замещения, чему способствует повышенная электронная плотность в молекуле.
Ответ: 2

Задание 4. Какие из перечисленных ниже утверждений о строении органических соединений и типах изомерии являются верными?

1. Пространственные изомеры, отличающиеся конфигурацией заместителей при двойной связи, называются диастереомерами.
2. Атом углерода в состоянии sp^3-гибридизации имеет тетраэдрическое строение.
3. Индуктивный эффект (–I) нитрогруппы ($–NO_2$) приводит к увеличению электронной плотности на соседних атомах.
4. Геометрические (цис-транс) изомеры возможны для соединений с двойной связью C=C и для замещенных циклоалканов.
5. Конформеры отличаются друг от друга конфигурацией и могут быть разделены в виде индивидуальных веществ.
6. Мезомерный эффект возможен только в системах с сопряженными π-связями.

Ответы: 2, 4, 6

Задание 5. Какие из перечисленных реакций и свойств справедливы для алкенов?

1. Вступают в реакцию электрофильного присоединения с галогеноводородами, подчиняясь правилу Марковникова.
2. Могут быть получены дегидратацией первичных спиртов в кислой среде.
3. Образуют осадок желтого цвета при взаимодействии с аммиачным раствором оксида серебра.
4. Окисляются перманганатом калия в нейтральной среде до гликолей (реакция Вагнера).
5. Проявляют кислотные свойства и способны образовывать соли (ацетилениды) при взаимодействии с аммиачными растворами солей тяжелых металлов.
6. Легко вступают в реакции радикального замещения (например, галогенирования) при комнатной температуре и на свету.

Ответы: 1, 2, 4

Задание 6. Какие из приведенных утверждений о химических свойствах бензола и его гомологов являются правильными?

1. Бензол вступает в реакцию с бромом в присутствии катализатора $FeBr_3$, протекающую по механизму электрофильного замещения.
2. Толуол легче, чем бензол, вступает в реакции электрофильного замещения, так как метильная группа является ориентантом I рода и активирует бензольное кольцо.
3. Все гомологи бензола, как и он сам, не окисляются перманганатом калия при нагревании.
4. При нитровании толуола образуется смесь орто- и пара-изомеров нитротолуола.
5. Бензол и его гомологи легко вступают в реакции присоединения (например, с бромной водой) даже на свету.
6. Фенол, в отличие от бензола, не вступает в реакции электрофильного замещения из-за сильного –М-эффекта гидроксильной группы.

Ответы: 1, 2, 4

Задание 7. Какие из следующих химических превращений технически осуществимы и соответствуют изученным механизмам реакций?

1. Получение этена (этилена) из этанола путем его дегидратации в присутствии концентрированной серной кислоты.
2. Нитрование бензола до нитробензола с использованием смеси концентрированных азотной и серной кислот.
3. Окисление пропена (пропилена) перманганатом калия в кислой среде с образованием уксусной кислоты и углекислого газа.
4. Получение ацетиленида серебра из этана (этана) при пропускании его через аммиачный раствор оксида серебра.
5. Бромирование толуола на свету с преимущественным замещением атомов водорода в боковой цепи.

6. Восстановление нитробензола до анилина с помощью водорода в присутствии металлического катализатора (Ni, Pt).
Ответы: 1, 2, 6

Задание 8. Установите соответствие между классом органических соединений и типом химической реакции, наиболее характерным для его представителей.

Алканы : Радикальное замещение
Алкены : Электрофильное присоединение
Алкины (терминальные) : Нуклеофильное замещение
Арены : электрофильное замещение

Задание 9. Установите соответствие между органическим соединением и его наиболее характерным химическим свойством / реакцией, которая используется для его обнаружения или идентификации.

Ацетилен : Образование осадка с аммиачным раствором оксида серебра
Толуол : Окисление боковой цепи раствором перманганата калия
Фенол : Образование фиолетового раствора с хлоридом железа (III)
Пропен : Обесцвечивание бромной воды

Задание 10. Установите правильную последовательность этапов механизма электрофильного замещения.

1. Образование электрофильной частицы – нитроний-катиона.
2. Атака π-электронной системы бензольного кольца на электрофил.
3. Образование σ-комплекса.
4. Отщепление протона под действием основания и восстановление ароматической системы.

Задание 11. Расположите этапы эксперимента в правильной логической последовательности.

1. Приготовить водный или слабощелочной раствор перманганата калия.
2. Добавить в пробирку с исследуемым веществом несколько капель раствора перманганата калия.
3. Отметить исчезновение фиолетовой окраски и образование бурого осадка диоксида марганца.
4. Сделать вывод о наличии двойной связи на основе наблюдения изменения окраски реакционной среды.

Задание 12. Смещение электронной плотности в молекулах вдоль σ-связей в сторону более электроотрицательного атома или группы атомов называется

Ответ: Индуктивный эффект

Задание 13. Смещение электронной плотности в молекуле, которое происходит вдоль системы сопряжённых (делокализованных) π-связей, называется
Ответ: Мезомерный эффект

Задание 14. Объясните, используя положения электронной теории (индуктивный и мезомерный эффекты), почему фенол является более сильной кислотой, чем алифатические спирты (например, этанол).
Ответ: В феноле отрицательный заряд фенолят-иона стабилизируется за счёт мезомерного эффекта (–М) кислорода и делокализации по ароматической системе.

Задание 15. **Почему реакция бромирования этана и этилена протекают в разных условиях?**
Ответ: Бромирование этана - это реакция радикального замещения, инициируемая светом или теплом. Бромирование этилена - это реакция электрофильного присоединения, протекающая при комнатной температуре.

Формируемая компетенция	Индикаторы сформированности компетенции
ПК-2. Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам (дисциплинам, модулям) в рамках программ основного общего и среднего общего образования	ПК-2.1 Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов биологии (ботаники, зоологии, микробиологии, генетики, биологии развития, анатомии человека, физиологии растений и животных, общей экологии, теории эволюции) для решения теоретических и практических задач.

Задание 1. Катализатором в реакции алкилирования бензола галогеналканами (реакция Фриделя-Крафтса) является:
1. Металлический натрий
2. Хлорид алюминия
3. Серная кислота
4. Никель
Ответ: 2

Задание 2. Какой механизм характерен для реакции хлорирования метана на свету?
1. Электрофильное замещение
2. Нуклеофильное замещение
3. Радикальное замещение
4. Электрофильное присоединение
Ответ: 3

Задание 3. По правилу Зайцева при дегидратации спиртов или дегидрогалогенировании галогеналканов образуются преимущественно алкены:
1. С наименьшим числом заместителей у двойной связи
2. С наибольшим числом заместителей у двойной связи
3. Неразветвленные
4. С наименьшей молекулярной массой
Ответ: 2

Задание 4. Какие из указанных процессов приводят к образованию ароматических углеводородов?
1. Дегидрирование циклогексана
2. Гидролиз галогеналканов
3. Тримеризация ацетилена
4. Окисление спиртов
5. Ароматизация алканов
6. Гидрирование алкинов
Ответ: 1, 3, 5

Задание 5. Какие из указанных свойств характерны для фенола?
1. Реагирует с цинком с выделением водорода
2. Реагирует с карбонатом натрия с выделением CO_2
3. Образует окрашенные комплексы с хлоридом железа (III)
4. Легко вступает в реакции электрофильного замещения
5. Обладает более сильными кислотными свойствами, чем уксусная кислота
6. Реагирует с бромной водой с образованием белого осадка

Ответ: 3, 4, 6

Задание 6. Какие из указанных свойств характерны для этанола?
1. Реагирует с натрием с выделением водорода
2. Реагирует с карбонатом натрия с выделением CO_2
3. Вступает в реакцию с галогенидами фосфора и серы
4. Вступает в реакции нуклеофильного замещения
5. Обладает более сильными кислотными свойствами, чем уксусная кислота
6. При окислении оксидом меди (II) образует кетон

Ответ: 1, 3, 4

Задание 7. Условие: Какие из перечисленных ниже веществ будут обесцвечивать бромную воду при комнатной температуре без катализатора?
Варианты ответов:
1. Циклогексан
2. Пропен
3. Толуол
4. Ацетилен
5. Бензол
6. Гексин-1

Ответ: 2, 4, 6

Задание 8. Установите соответствие между классом органического соединения и характерным для него типом химической реакции.

Алканы : Радикальное замещение
Алкены : Электрофильное присоединение
Арены : Электрофильное замещение
Галогеналканы : Нуклеофильное замещение

Задание 9. Установите соответствие между химической реакцией и реагентом, необходимым для её осуществления

Синтез этиленгликоля из этилена: Раствор перманганата калия
Вещество, с помощью которого можно отличить бутин-1 от бутина-2: Аммиачный раствор оксида серебра
Вещество, с помощью которого можно отличить этанол от глицерина: Свежеосажденный гидроксид меди (II)
Обнаружение фенолов в растворе: Раствор хлорида железа (III)

Задание 10: Восстановите последовательность реакций синтеза **п-бромфенола из бензола**.

1 : Сульфирование бензола
2 : Взаимодействие с водным раствором щелочи

3 : Сплавление со щелочью
4 : Бромирование
Ответ: 1

Задание 11: Расположите следующие соединения в порядке **увеличения их реакционной способности в реакциях электрофильного замещения** (например, бромирования) в ароматическом кольце.
Элементы для последовательности:
1 : Нитробензол
2 : Бензол
3 : Толуол
4 : Фенол

Задание 12: Установите строение углеводорода состава C_6H_{14}, при монобромировании которого получается только одно третичное монобромпроизводное. Этот углеводород может быть получен по реакции Вюрца без побочных продуктов.
Ответ: 2,3-диметилбутан

Задание 13: Вещество состава C_6H_6O обесцвечивает бромную воду с образованием белого осадка и дает фиолетовое окрашивание с хлоридом железа (III). Что это за вещество?
Ответ: Фенол.

Задание 14: Объясните, почему для сульфирования нафталина при 80°С образуется преимущественно α-изомер, а при 160°С – β-изомер.
Ответ: При низкой температуре реакция кинетически контролируемая и электрофил атакует более реакционноспособное α-положение. При высокой температуре реакция становится термодинамически контролируемой, и образуется более стабильный β-изомер.

Задание 15. Объясните, почему в реакции хлорирования толуола в присутствии $FeCl_3$ хлор атакует ядро, а при облучении светом – боковую цепь.
Ответ: В присутствии $FeCl_3$ реакция идет по ионному механизму электрофильного замещения в ароматическое ядро. На свету инициируется радикальная реакция, и хлор атакует боковую метильную группу.

7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Информационные технологии– обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки, объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

В образовательном процессе по дисциплине используются следующие информационные технологии, являющиеся компонентами Электронной информационно-образовательной среды БГПУ:

- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Система тестирования на основе единого портала «Интернет-тестирования в сфере образования www.i-exam.ru»;
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адап-

тивные образовательные технологии в соответствии с условиями, изложенными в разделе «Особенности реализации образовательной программыдля инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» основной образовательной программы (использование специальных учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь и т. п.) с учётом индивидуальных особенностей обучающихся.

9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

9.1 Литература

Основная литература

1. Иванов, В. Г. Органическая химия: учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева. – 4-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 624 с. (18 экз)

Дополнительная литература

1. Артёменко, А. И. Основы теории органической химии : учеб. пособие для студ. нехимических спец. вузов / А. И. Артёменко. – М.: ВЛАДОС, 2001.- 156с. (5 экз)

2. Артёменко, А. И. Органическая химия: учеб. пособие для студ. нехимических спец. вузов / А. И. Артёменко.- М.: Высш. шк., 2003.-604 с. (38 экз)

3. Березин,Б. Д. Курс современной органической химии: учебное пособие для студентов, обучающихся по химиико-технол. специальностям / Б. Д. Березин, Д.Б. Березин. – М.: Высш. шк., 2003. – 767 с. (7 экз)

4. Грандберг, И. И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии: учебное пособие для студентов вузов / И. И. Грандберг, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2001. – 348 с. (12 экз)

5. Иванов, В. Г. Практикум по органической химии: учеб. пособие для студ. пед. вузовпо спец. «Химия» / В. Г. Иванов. – М.: Академия, 2002. – 287 с.(21 экз)

6. Ким, А. М. Органическая химия: учеб. для студ. вузов / А. М. Ким. - М-во образования РФ. Новосиб. гос. пед. ун-т. – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сиб. ун-тское изд-во, 2002. – 971с. (30 экз)

7. Травень, В. Ф. Органическая химия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Химическая технология и биотехнология» / В. Ф. Травень. - М.: ИКЦ Академкнига, 2005. - Т. 1. – 727 с. (10 экз)

8. Травень, В. Ф. Органическая химия: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Химическая технология и биотехнология» / В. Ф. Травень. - М.: ИКЦ Академкнига, 2005. - Т. 2. – 582 с. (10 экз)

9. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 1.–567 с. (10 экз)

10. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 2. – 623с. (8 экз)

11. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 3. – 544с. (10 экз)

12. Реутов, О. А. Органическая химия: Учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Химия» / О. А. Реутов,А. Л. Курц, К. П. Бутин. – М.: Бином: Лаб. Знаний. – (Классический университетский учебник), 2007. Ч. 4. – 725с. (16 экз)

9.2 Базы данных и информационно-справочные системы

1. Сайт о химии http://www.xumuk.ru/
2. Каталог образовательных интернет-ресурсов http://www.edu.ru
3. Популярная библиотека химических элементов

https://web.archive.org/web/20161021151915/http://n-t.ru/ri/ps/

4. Электронная библиотека по химии МГУ http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/

9.3 Электронно-библиотечные ресурсы

1. Polpred.com Обзор СМИ/Справочник http:// polpred.com/news.
2. ЭБС «Юрайт» https://urait.ru/.

10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащённые учебной мебелью, аудиторной доской, компьютером(рами) с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (карты, таблицы, мультимедийные презентации). Для проведения лабораторных занятий также используется:

Ауд. 221 «А» Учебная лаборатория органической химии

- Стол лабораторный 2-мест. (4 шт.)
- Стол письменный 2-мест. (12 шт.)
- Стол преподавателя (1 шт.)
- Стул (33 шт.)
- Экспозиционный экран (навесной) (1 шт.)
- Видеокамера цифровая (2 шт.)
- Испаритель ротационный ИР-1 ЛТ (1 шт.)
- Колбонагреватель LT-1000, LABTEX (4 шт.)
- Насос вакуумный SHB-5 для испарителя ротационного ИР-1 ЛТ (1 шт.)
- Короб вытяжной 1500 ШВ-Н (лаб.) (1 шт.)
- Лаборатория органической химии (1 шт.)
- Тумба 1500 ШВ-Н «Лаб» (2 шт.)
- Аквадистиллятор (1 шт.)
- Вентилятор канальный KV 250L (1 шт.)
- Прибор типа ЭЛ-02 (1 шт.)
- Регулятор скорости RE 1.5 (1 шт.)
- Электроплита 1,2 квт (1 шт.)
- Холодильник ХПТ-300-14/23 (1 шт.)
- Радиодозиметр (1 шт.)
- Штативы для пробирок, нагревательные приборы
- Химические реактивы по тематике лабораторных работ

Самостоятельная работа студентов организуется в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой с выходом в электронную информационно-образовательную среду вуза, в специализированных лабораториях по дисциплине, а также в залах доступа в локальную сеть БГПУ, в лаборатории психолого-педагогических исследований и др.

Используемое программное обеспечение: Microsoft®WINEDUperDVC AllLng Upgrade/SoftwareAssurancePack Academic OLV 1License LevelE Platform 1Year; Microsoft®OfficeProPlusEducation AllLng License/SoftwareAssurancePack Academic OLV 1License LevelE Platform 1Year; Dr.Web Security Suite; Java Runtime Environment; Calculate Linux.

Разработчик: Трфимцова И.А., кандидат химических наук, доцент кафедры химии

11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ

Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2023/2024 уч. г.
РПД обсуждена и одобрена для реализации в 2023/2024уч. г. на заседании кафедры химии (протокол № 9 от «28» июня 2023г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: № страницы с изменением:	
Исключить:	Включить:

Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2024/2025 уч. г.
Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024/2025 учебном году на заседании кафедры (протокол № 8 от 30 мая 2024 г.).

Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2025/2026 уч. г.
Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025/2026 учебном году на заседании кафедры (протокол № 6 от 26 марта 2025 г.).

Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2026/2027 уч. г.
Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026/2027 учебном году на заседании кафедры (протокол № 8 от 13 мая 2026 г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: № страницы с изменением:	
Исключить:	Включить: