

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Институт профессионального образования  
Кафедра технологии пластмасс, органических веществ и нефтехимии

Галина Глебовна Боркина

## **ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Методические материалы к лабораторным работам

Рекомендовано цикловой методической комиссией  
по специальности СПО 18.02.12 Технология  
аналитического контроля химических соединений  
в качестве электронного издания для использования  
в образовательном процессе

Кемерово 2024

Рецензент: Третьяков В.Н. – канд., тех. наук, доцент, заведующий кафедрой технологии пластмасс, органических веществ и нефтехимии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

**Боркина, Г.Г. Органическая химия:** методические материалы к лабораторным работам для студентов СПО по специальности 18.02.12 Технология аналитического контроля химических соединений, очной формы обучения / сост. Г.Г. Боркина; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2024. Текст: электронный.

В методических указаниях приведено содержание лабораторных работ. Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний в области органической химии».

©Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева,  
©Боркина Г.Г.,  
составление, 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	5
2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	5
3. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА СБОРКИ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРИБОРОВ И РАБОТЫ С НИМИ, ОБЩИЕ ОПЕРАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА	7
4. СПОСОБЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ	9
4.1. Перекристаллизация.....	13
4.2. Возгонка бензойной кислоты .....	14
4.3. Простая перегонка .....	15
5. ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	16
5.1. Качественный элементный анализ .....	16
5.1.1. Открытие углерода и водорода в органическом веществе	16
5.1.2. Проба Бейльштейна на галогены .....	17
5.2. Предельные и непредельные углеводороды.....	17
5.2.1. Растворимость предельных углеводородов.....	18
5.2.2. Бромирование углеводородов .....	18
5.2.3. Окисление углеводородов перманганатом калия .....	19
5.2.4. Взаимодействие углеводородов с концентрированными кислотами .....	19
5.2.5. Получение метана и его свойства .....	19
5.2.6. Получение и свойства этилена.....	20
5.2.7. Отношение полиэтилена к действию различных химических реагентов .....	20
5.2.8. Получение и свойства ацетилена.....	21
5.3. Ароматические углеводороды .....	21
5.3.1. Определение растворимости толуола и фенола.....	22
5.3.2. Окисление толуола .....	22
5.3.3. Сульфирование толуола.....	23
5.3.4. Нитрование толуола .....	23
5.3.5. Бромирование толуола .....	23
5.3.6. Бромирование фенола .....	24
5.4. Галогенпроизводные углеводородов.....	24

5.4.1. Получение бромистого этила .....	24
5.4.2. Обнаружение свободного хлора в хлороформе .....	25
5.4.3. Взаимодействие хлороформа со щелочью .....	26
5.4.4. Качественная реакция на хлороформ.....	26
5.4.5. Качественная реакция на четыреххлористый углерод.....	26
5.4.6. Образование фенилизонитрила.....	27
5.4.7. Взаимодействие хлороформа и четыреххлористого углерода с нафтолами.....	27
5.4.8. Отношение полихлорвинила к действию различных химических реагентов .....	27
5.4.9. Получение йодоформа .....	28
5.5. Спирты и фенолы .....	28
5.5.1. Взаимодействие н-бутилового спирта с хлористым кальцием .....	29
5.5.2. Обнаружение воды в спирте .....	29
5.5.3. Окисление этилового спирта.....	29
5.5.4. Окисление изоамилового спирта .....	30
5.5.5. Получение диэтилового эфира.....	30
5.5.6. Образование глицерата меди.....	30
5.5.7. Качественная реакция на глицерин .....	30
5.5.8. Образование и разложение фенолятов.....	31
5.5.9. Сульфирование фенола.....	31
5.5.10. Реакция фенолов и нафтолов с хлоридом железа (III) ..	32
5.6. Альдегиды и кетоны.....	32
5.6.1. Получение ацетальдегида из этилового спирта .....	32
5.6.2. . Получение ацетона окислением изопропилового спирта 33	
5.6.3. Получение ацетальдегида окислением этилового спирта	33
5.6.4. Восстановление альдегидами соединений меди .....	34
5.6.5. Окисление бензальдегида кислородом воздуха .....	34
5.6.6. Образование йодоформа из ацетона.....	34
5.6.7. Качественная реакция на ацетон .....	35
5.6.8. Нитропруссидная реакция – качественная реакция на ацетон	35
5.6.9. Получение 2,4-динитрофенилгидразона ацетона .....	35
5.6.10. Взаимодействие ацетона с солянокислым гидроксиламином.....	36
5.6.11. Получение гидросульфитного производного ацетона ...	36

5.6.12. Растворимость ацетона в насыщенном растворе хлорида натрия	36
5.6.13. Образование оозона глюкозы .....	37
5.6.14. Полимеризация формальдегида .....	37
5.7. Карбоновые кислоты и их производные .....	37
5.7.1. Растворимость кислот в воде .....	37
5.7.2. Кислотные свойства карбоновых кислот .....	38
5.7.3. Различие в окисляемости органических кислот .....	38
5.7.4. Получение бензойной кислоты окислением толуола .....	38
5.7.5. Получение бензойной кислоты окислением бензальдегида	39
5.7.6. Взаимодействие бензойной и салициловой кислот с хлоридом железа (III) .....	40
5.7.7. Сравнение окисляемости бензойной и салициловой кислот	40
5.7.8. Получение этилацетата .....	41
5.7.9. Получение этилбензоата .....	41
5.7.10. Гидролиз сложных эфиров .....	41
5.7.11. Омыление жиров .....	42
5.7.12. Выделение жирных кислот из мыла .....	42
5.7.13. Гидролиз мыла .....	43
5.7.14. Эмульгирование масел и жиров .....	43
5.8. Азотсодержащие соединения (амины, белки) .....	43
5.8.1. Образование и разложение соли анилина .....	44
5.8.2. Окисление анилина .....	44
5.8.3. Образование ацетгидроксамовой кислоты .....	44
5.8.4. Осаждение белков при нагревании .....	45
5.8.5. Биуретовая реакция белков (реакция на пептидные группы) .....	46
5.8.6. Ксантопротеиновая реакция белков .....	46
6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЁТА	47
7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	47
8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	50

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобретение экспериментальных навыков по проведению лабораторных работ и закрепление теоретических положений, касающихся способов выделения и очистки органических соединений, а также способов получения, физических и химических свойств органических веществ.

## 2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Многие органические соединения – анилин, нитросоединения, ароматические углеводороды и др. могут вредно действовать на дыхательные пути, кожу, а через них и на весь организм. Поэтому обращаться с такими органическими веществами следует осторожно, не вдыхать их пары, не проливать на руки. При попадании на руки тщательно смыть водой с мылом.

2. Работу с легко воспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) следует проводить вдали от огня в вытяжном шкафу. Не подогревать ЛВЖ на открытом огне, для этого использовать водяную баню.

3. Нагревание пробирок и других стеклянных сосудов следует производить очень осторожно и постепенно; перед нагреванием в пламени спиртовки или на плитке пробирка должна быть вытерта снаружи насухо.

4. Не наклоняться над пробиркой, в которой проводится эксперимент.

5. При исследовании запаха жидкости следует осторожно направлять к себе её пары легким движением руки.

6. При кипячении какой-либо жидкости отверстие пробирки нужно направлять в сторону как от себя, так и от соседей. При нагревании концентрированных кислот и растворов щелочей необходимо работать в очках.

7. При разбавлении кислоты необходимо осторожно, небольшими порциями, при постоянном перемешивании **прибавлять кислоту в воду, а не наоборот!** Глаза при этом должны быть защищены очками.

8. При работе с газоотводной трубкой для предотвращения затягивания среды в реакционную пробирку сначала убирают пробирку-приемник, а затем прекращают нагрев.

9. Запрещается выливать в раковину концентрированные кислоты, щелочи, огнеопасные, ядовитые, плохо смывающиеся и сильно пахнущие жидкости. Для этого в вытяжном шкафу или около раковины должны стоять специальные емкости для слива кислот и органических жидкостей отдельно.

10. При воспламенении ЛВЖ пламя тушат песком или асбестовым одеялом. Никогда не следует задувать пламя или заливать его водой.

11. При загрязнении помещения ртутью из разбитого термометра необходимо провести демеркуризацию: механический сбор шариков ртути, химическую обработку кашицей хлорида железа (III), а затем тщательно промыть поверхность 20 %-м раствором хлорида железа (III), мыльным раствором и чистой водой.

12. При проведении опыта необходимо соблюдать порядок смешения реагентов, приведенный в методических указаниях, а также условия проведения опыта.

#### *Оказание первой помощи при несчастных случаях*

1. При легких термических ожогах обожженное место смазывают глицерином или прикладывают к нему вату, смоченную спиртом. Не следует смачивать обожженное место водой.

2. При попадании кислот или щелочей на кожу необходимо промыть пораженное место большим количеством воды, а затем 3 %-м раствором гидрокарбоната натрия (при попадании кислоты) или 1 %-м раствором уксусной кислоты (при попадании щелочи).

3. При ожогах бромом пораженное место протирают спиртом и смазывают мазью от ожогов.

4. При попадании фенола на кожу пораженное место не промывать водой, а протереть глицерином, только потом водой и наложить глицериновую повязку.

5. При порезах рук стеклом прежде всего удаляют осколки пинцетом, останавливают кровотечение 3 %-м раствором пероксида водорода, смазывают рану 5 %-м раствором йода и накладывают повязку. При капиллярном и венозном кровотечении на рану накладывают давящую повязку, при сильных крово-

течениях жгут выше места пореза. При работе с карбидом кальция нельзя допускать соприкосновения его с водой (работать в перчатках, пользоваться сухой посудой).

### **3. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА СБОРКИ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРИБОРОВ И РАБОТЫ С НИМИ, ОБЩИЕ ОПЕРАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА**

Приступая к выполнению работы, студент должен сначала разобрать по учебнику (или лекционному материалу) относящийся к работе теоретический материал, а затем прочитать и самостоятельно усвоить описание работы по методическому указанию.

**Посуда, приборы, лабораторный инвентарь.** Опыты с органическими веществами можно проводить в обычных пробирках, колбах, стаканах, фарфоровых чашках. В качестве нагревательных приборов в лаборатории применяют спиртовые горелки и электроплитки. Спиртовые горелки с фитилями (спиртовки) когда ими не пользуются, должны быть плотно закрыты колпачками во избежание испарения спирта или конденсации на фитилях паров воды из воздуха.

Для нагревания реакционных сосудов до определенной температуры (не выше 100 °С) применяют водяные бани – металлические сосуды с водой. Для поддержания более высокой постоянной температуры применяют песочные бани – металлические сосуды заполненные песком. Водяные и песочные бани нагревают на электроплитках. При необходимости быстрого охлаждения горячей реакционной массы или отгоняемых продуктов нужно иметь на рабочем месте ёмкость с холодной водой, либо со снегом или толченым льдом. Также для охлаждения используют проточную воду.

Для конденсации паров жидкости применяют холодильники. Холодильник называют прямым, если образующийся в нем конденсат стекает в приемник, если же конденсат стекает обратно в реакционный сосуд, холодильник называют обратным. Если температура кипения конденсирующейся в холодильнике жидкости ниже 120-130 °С, используют холодильник с водяной рубашкой. Если же температура перегоняемой жидкости выше 120-130 °С, то внутренняя трубка холодильника вследствие большой



разности температур может треснуть. В этом случае применяют воздушный холодильник.

Небольшие порции растворов и жидких реактивов отмеряют посредством пипеток с узким кончиком, для быстрого отмеривания жидкостей применяют мерные цилиндры емкостью 10-50 мл.

Во многих работах пользуются химическими лабораторными термометрами – ртутными или спиртовыми. Наиболее часто применяются термометры, градуированные до 100 или 250 °С.

Из предметов общего оборудования в лаборатории должны быть технические весы (с предельной нагрузкой 200-500 г). Нужны также стеклянные палочки, держатели и штативы для пробирок, асбестированные сетки.

Приспособления для фильтрования, перегонки, а также способы работы при этих и других общих операциях будут рассмотрены непосредственно в ходе лабораторных работ.

**Сборка лабораторных приборов.** Лабораторную установку (прибор) необходимо собирать тщательно и соединять отдельные ее части аккуратно и осторожно во избежание их поломки. Подгонку пробок и отдельных соединений следует производить до закрепления установки на штативе. Закрепляемые в держателях штатива стеклянные части посуды обертывают полосками резины, чтобы металл держателя (лапки) не соприкасался со стеклом. Пробирки и колбы, имеющие припаянные боковые отводы, следует зажимать в держатели штатива по возможности выше спая. Термометры вставляют в пробирку или горло колбы на резиновых пробках.

**Общие операции проведения опыта.** Во время проведения опыта на рабочем месте не должно быть посторонних предметов. Опыты проводят в вытяжном шкафу. Эксперимент нужно вести обдумывая каждую операцию и ничего не делать механически. Все наблюдения и изменения сразу записывают в рабочую тетрадь. После окончания опыта разбирают освободившуюся и ненужную посуду и тщательно ее моют. Если необходимо определить выход продукта его взвешивают. Взвешивание твердых веществ производят на листках гладкой бумаги, а жидкие вещества взвешивают в пробирках или колбах.

#### 4. СПОСОБЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Полученные в ходе синтеза вещества, как правило, содержат примеси (исходные вещества, не вступившие в реакцию, побочные продукты, растворители, катализаторы и т. д.). Чтобы удалить их, используют различные методы очистки и выделения органических соединений, выбор метода в основном зависит от агрегатного состояния вещества.

**Фильтрование.** Фильтрование применяют для отделения твердого вещества от жидкости посредством пористой перегородки – фильтра. В качестве фильтра обычно используют фильтровальную бумагу различной пористости, также фильтрами могут служить пористое стекло, вата, различные ткани и др. Наибольшее распространение получили два способа фильтрования: при нормальном и при пониженном давлении.

Фильтрование при нормальном давлении – наиболее простой способ. Для его проведения необходимы стеклянная воронка и фильтр. Для фильтрования горячих растворов применяют специальную воронку, обогреваемую горячей водой или электрической спиралью.

Скорость фильтрования прямо пропорциональна разности давления по обе стороны фильтра. Поэтому для ускорения процесса применяют фильтрование при пониженном давлении. Основными приборами служат воронка Бюхнера и колба Бунзена, соединенная с насосом. Перед фильтрованием в воронку Бюхнера помещают бумажный фильтр, смоченный водой. Диаметр фильтра должен быть немного меньше диаметра воронки, но при этом он должен закрывать все отверстия. Фильтруемую жидкость наливают равномерно и следят, чтобы осадок не попал между фильтром и дном воронки, иначе фильтрование нужно будет повторять.

**Перекристаллизация.** Перекристаллизация – один из наиболее широко применяемых методов разделения смеси твердых веществ, а также для их очистки. Метод основан на различной растворимости органического вещества и примесей, содержащихся в нем, в определенном растворителе при разных температурах. Загрязненное вещество растворяют при нагревании в

подходящем растворителе, отфильтровывают нерастворившиеся примеси, фильтрат охлаждают (при этом происходит кристаллизация очищенного вещества), осадок отфильтровывают и сушат. Успешная очистка вещества методом перекристаллизации во многом зависит от удачного подбора растворителя.

К растворителям предъявляют следующие требования:

- вещество должно хорошо растворяться в растворителе при нагревании и плохо при охлаждении;
- растворитель не должен реагировать с очищаемым веществом;
- растворимость очищаемого вещества в растворителе должна резко отличаться от растворимости в нем загрязняющих примесей;
- растворитель должен легко удаляться с поверхности кристаллов.

В случае если кристаллизация затруднена, процесс инициируют потиранием стеклянной палочкой о стенку сосуда с раствором или внесение в раствор кристаллика вещества, которое необходимо осадить.

Продукт реакции может содержать окрашенные или различные смолообразные примеси, которые трудно удалить перекристаллизацией. В этом случае применяют активированный уголь, обладающий высокой абсорбционной способностью.

**Перегонка.** Перегонку чаще всего применяют для очистки веществ или для разделения смесей веществ с разной температурой кипения. Это достигается нагреванием жидкости до кипения и последующей конденсацией ее паров в холодильнике. Перегонка чистого вещества происходит при постоянной температуре. Этот показатель используют для характеристики вещества и для контроля его чистоты.

Существуют разные способы перегонки жидкости: простая перегонка, фракционная перегонка, перегонка в вакууме, перегонка с водяным паром.

Простую перегонку применяют в том случае, если разница в температурах кипения разделяемых веществ не менее 80 – 100°C, или если вещество надо отделить от нелетучих примесей.

При перегонке смеси двух веществ вначале отгоняются жидкости с более низкой температурой кипения. Если в процессе перегонки температура кипения начала возрастать, это означает, что начинает перегоняться вещество, имеющее более высокую температуру кипения. Меняя приемники можно собрать несколько фракций, в первых будет преобладать низкокипящий компонент смеси, а в последних – высококипящий. Если разница в температурах кипения разделяемых веществ не велика, то применяют фракционную перегонку. Для этого используют установки с дефлегматорами или с ректификационными колонками, в которых происходит частичная конденсация паров. Конденсат стекает вниз, при этом тесно соприкасаясь с поднимающимися вверх парами. Пары обогащаются низкокипящим компонентом, а жидкость насыщается высококипящим компонентом.

Перегонка под вакуумом применяется, если перегоняемые вещества разлагаются при температуре кипения. Снижение же давления приводит к снижению и температуры кипения вещества, а значит к снижению вероятности его разложения.

Перегонку с водяным паром применяют в том случае, если требуется разделить смесь веществ имеющих довольно высокие температуры кипения. Также этот способ перегонки применим, если только одно из разделяемых веществ летуче с водяным паром или если требуется очистить вещество от смолистых примесей. Вещество должно улетучиваться с паром, не растворяться в воде и с ней не взаимодействовать.

**Возгонка.** Возгонка или сублимация – переход кристаллического вещества в парообразное состояние, минуя жидкую фазу, с последующей конденсацией пара опять в твердое состояние.

Этим способом можно очистить вещество от примесей, летучесть которых значительно отличается от летучести основного вещества. Возгонку можно проводить при атмосферном и при пониженном давлении.

Возгонка происходит с поверхности вещества, поэтому его необходимо предварительно тонко измельчить. Очищаемое вещество помещают в фарфоровую чашку и осторожно нагревают, не допуская перегрева, который может привести к термическому разложению очищаемого соединения. Стекланную воронку, на

которой происходит образование кристаллов, охлаждают, прикладывая к наружной поверхности смоченный в воде кусок ткани.

**Экстракция.** Экстракция – извлечение вещества из смеси растворителем. Она основана на различной растворимости веществ в двух несмешивающихся жидкостях. Растворитель для экстракции называется экстрагент, он должен отвечать следующим требованиям:

- быть малорастворимым в растворителе, содержащем извлекаемое вещество;
- лучше растворять извлекаемое вещество, чем тот растворитель, в котором оно находится;
- не должен химически взаимодействовать ни с извлекаемым соединением, ни с растворителем в котором оно находится;
- должен легко удаляться при выделении из него извлекаемого вещества;
- быть простым в обращении и безопасным.

Для проведения экстракции используют делительную воронку, в которой осторожно встряхивают раствор экстрагируемого вещества и экстрагент. Периодически воронку открывают, чтобы выпустить образующиеся пары. После отстаивания разделяют образовавшиеся слои. Слой экстрагента с содержащимся в нем извлекаемым веществом называют экстракт. Растворитель из экстракта отгоняют. При однократной экстракции в экстракт переходит лишь ограниченное количество вещества, поэтому экстракцию проводят двумя-четырьмя небольшими порциями растворителя.

**Высушивание органических веществ.** Вещества после очистки могут содержать следы воды, для ее удаления применяют высушивание. Твердые вещества обычно сушат на воздухе при комнатной температуре, или в сушильном шкафу при повышенной температуре. Для интенсификации процесса применяют эксикаторы, на дно которых помещены осушители ( $P_2O_5$ ,  $CaCl_2$ ,  $MgSO_4$  и др.).

Жидкие вещества высушивают с помощью твердых неорганических веществ, способных образовывать кристаллогидраты при поглощении воды. Осушители не должны реагировать ни с веществом, ни с растворителем. Осушаемую жидкость встряхи-

вают с осушителем и оставляют на некоторое время, затем осушитель отфильтровывают. Для полного удаления влаги осушитель можно менять несколько раз.

#### 4.1. Перекристаллизация

В плоскодонную колбу помещают 2 г ацетанилида и 80 мл воды (или 2 г сульфаниловой кислоты и 50 мл воды), нагревают до начала кипения, ацетанилид при этом растворяется. Если в растворе остались не растворимые примеси, их быстро отфильтровывают на воронке Бюхнера с использованием водоструйного насоса (рис. 1) или на воронке горячего фильтрования. Собранный в стакан фильтрат охлаждают водой при перемешивании.

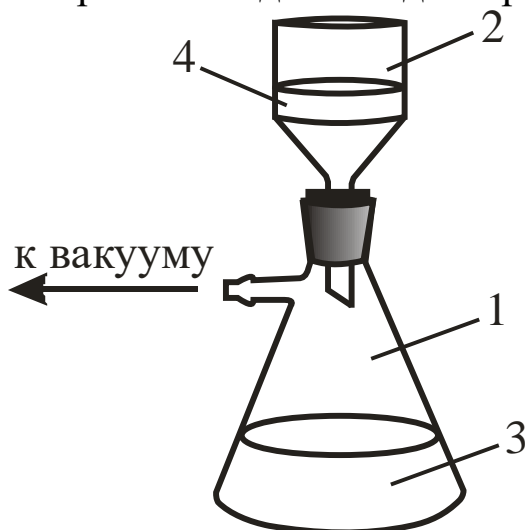


Рис. 1. Установка для фильтрования:

1 – колба Бунзена, 2 – воронка Бюхнера, 3 – фильтрат, 4 – осадок

Выпавшие белые кристаллы ацетанилида отфильтровывают. Очищенный ацетанилид оставляют сушиться на воздухе. На следующем занятии высушенный ацетанилид взвешивают, рассчитывают процент потерь при очистке.

Результаты опыта оформляют в виде таблицы:

Название очищаемого вещества		
Справочные данные	Растворимость	
	$T_{пл}, ^\circ C$	
Масса до очистки, г		
Масса после очистки, г		
$T_{пл}, ^\circ C$		
Потери при очистке, %		

## 4.2. Возгонка бензойной кислоты

В маленькую фарфоровую чашку помещают 1 г загрязненной бензойной кислоты, накрывают бумажным фильтром с отверстиями и сверху стеклянной воронкой (рис. 2). Чашку медленно нагревают, не допуская плавления вещества. Чистая бензойная кислота будет оседать в виде игл на стенках воронки.

Очищенную бензойную кислоту взвешивают, определяют процент потерь при очистке. Температуру плавления измеряют экспресс-методом. Для этого на ртутный шарик термометра наносят несколько кристалликов бензойной кислоты и держат термометр наклонно над электрической плиткой, отмечают, при какой температуре происходит плавление вещества. Для получения более точного результата измерение температуры плавления проводят 2-3 раза.

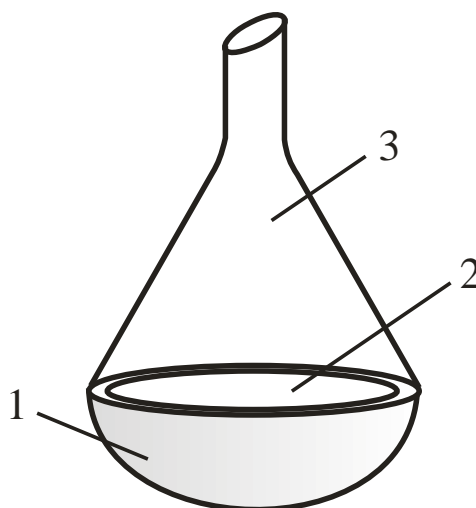


Рис. 2. Установка для проведения возгонки:

1 – фарфоровая чашка, 2 – фильтр с отверстиями, 3 – воронка

Результаты оформляют в виде таблицы:

Название очищаемого вещества		
Справочные данные	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$	
Масса до очистки, г		
Масса после очистки, г		
$T_{пл}, ^\circ\text{C}$		
Потери при очистке, %		



### 4.3. Простая перегонка

Установка для проведения простой перегонки представлена на рис. 3.

В перегонную колбу через воронку наливают 30 мл загрязненного изопропилового спирта и помещают «кипелку». После окончания загрузки в горловину перегонной колбы вставляют пробку с термометром. Колбу нагревают и проводят простую перегонку, в процессе которой замеряют интервал температур кипения от попадания первой капли в приемник до конца перегонки. Перегонку ведут с такой скоростью, чтобы в течение секунды в приемник попадало не больше 1-2 капель дистиллята. Отдельно отмечают температуру, при которой перегонялась основная часть изопропилового спирта. Замеряют объем полученного чистого вещества. Определяют процент потерь при очистке. Сравнивают измеренную температуру кипения со справочными данными.

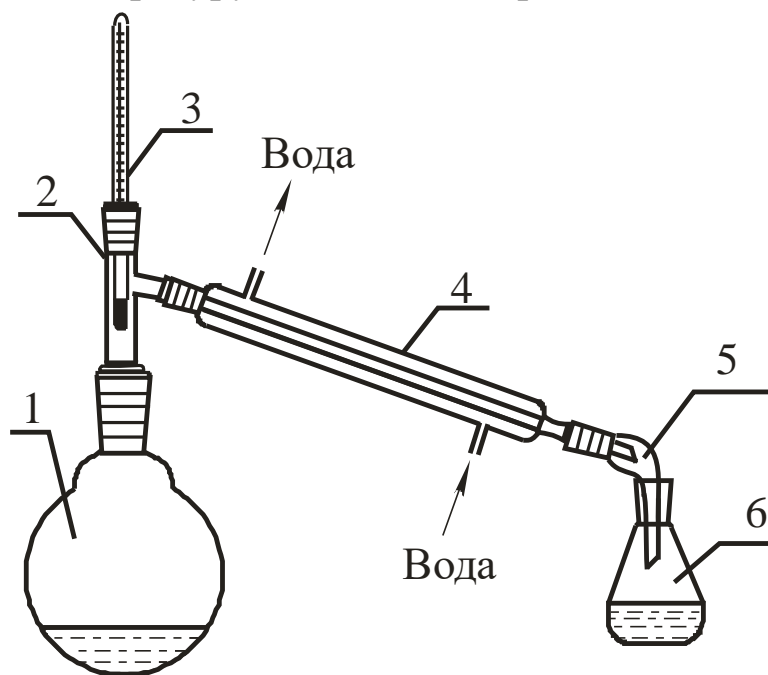


Рис. 3. Установка для простой перегонки:  
1 – перегонная колба (круглодонная), 2 – насадка Вюрца, 3 – термометр, 4 – прямой холодильник, 5 – аллонж, 6 – колба-приемник (плоскодонная)



Результаты оформляют в виде таблицы:

Название очищаемого вещества		
Справочные данные	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	
	$d$	
Объем до очистки, мл		
Масса до очистки, г		
Объем после очистки, мл		
Масса после очистки, г		
Интервал $T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$		
Потери при очистке, %		

## 5. ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

### 5.1. Качественный элементный анализ

#### 5.1.1. Открытие углерода и водорода в органическом веществе

Реактивы и материалы: малолетучее органическое вещество (глицерин, твердые парафины и т. п.), оксид меди (в порошке), известковая или баритовая вода (насыщенный раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  или  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ).

Оборудование: пробирки, штатив, газоотводная трубка, спиртовка.

Около 0,2-0,3 г испытуемого жидкого или твердого вещества смешивают с 1-2 г порошка окиси меди на бумажке. Смесь пересыпают в сухую пробирку с плотной пробкой и газоотводной трубкой. Пробирку наклонно укрепляют в лапке штатива, как показано на рис.4, и конец трубки вводят в другую пробирку, содержащую 2-3 мл прозрачной известковой или баритовой воды, так, чтобы трубка почти касалась поверхности жидкости. Смесь нагревают сначала осторожно, потом сильнее.

Образование воды обнаруживают по появлению капель на холодных стенках пробирки и трубки, а образование углекислого газа – по появлению осадка малорастворимого углекислого кальция (или бария).

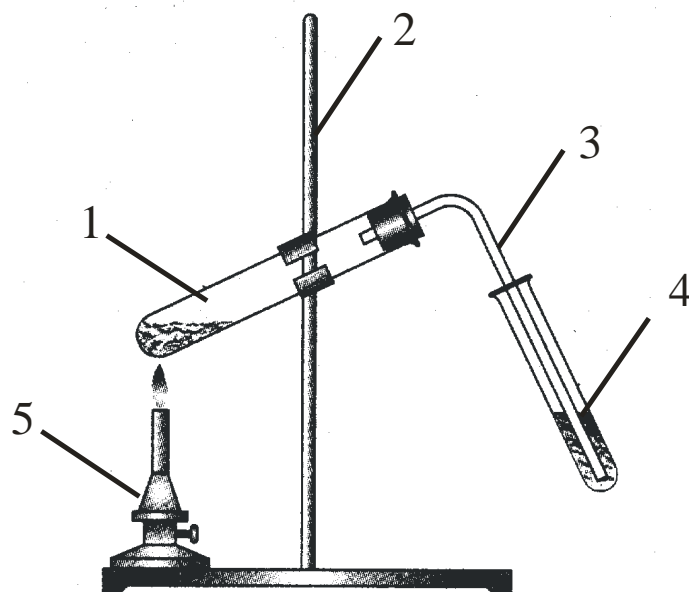


Рис. 4. Установка для проведения пробирочных опытов с улавливанием продуктов реакции:

1 – реакционная пробирка; 2 – штатив; 3 – газоотводная трубка; 4 – пробирка-приемник; 5 – спиртовка

### 5.1.2. Проба Бейльштейна на галогены

Реактивы и материалы: галогенсодержащий углеводород (бромистый бутил), проволока из красной меди.

Оборудование: спиртовка.

Тонкую проволоку из красной меди загибают на конце в петлю диаметром 1-2 мм и прокаливают этот конец в бесцветном пламени горелки до прекращения окрашивания пламени. Дав по черневшей проволочке остыть, набирают петлей каплю или несколько крупинок исследуемого вещества и снова вводят петлю в пламя горелки. Появление зеленого окрашивания указывает на присутствие в органическом соединении галогена.

### 5.2. Предельные и непредельные углеводороды

Предельные углеводороды при обычных условиях обладают большой химической инертностью. Они не вступают в реакции присоединения, при сравнительно невысоких температурах протекают только реакции замещения (чаще всего радикальное замещение). При обычной температуре предельные углеводороды

не реагируют с концентрированными кислотами и сильными окислителями.

Непредельные углеводороды, благодаря наличию кратной связи, обладают большей реакционной способностью. Легко вступают в реакции присоединения и окисления по кратным связям. Но следует иметь в виду, что непредельные углеводороды способны и к реакциям замещения, причем некоторые из таких реакций идут легче, чем для предельных.

В качестве представителей соединений предельных и непредельных углеводородов можно применять индивидуальные газообразные углеводороды: метан, этилен, ацетилен, но удобнее пользоваться жидкими, или твердыми углеводородами. Парафином, вазелиновым маслом, бензином очищенным от алкенов для изучения свойств алканов. Крекинг-бензином, скипидаром, циклогексеном для изучения свойств алкенов.

### 5.2.1. Растворимость предельных углеводородов

Реактивы и материалы: предельные углеводороды (гексан или гептан), серная кислота концентрированная, гидроксид натрия (10 %-й раствор), толуол, ацетон.

Оборудование: пробирки.

Берут 5 пробирок. В первую помещают 1 мл концентрированной серной кислоты, во вторую - 1 мл раствора гидроксида натрия, в третью - 1 мл воды, в четвертую - 1 мл толуола, в пятую - 1 мл ацетона. Добавляют в каждую пробирку по 1 мл предельного углеводорода. Пробирки встряхивают и оценивают растворимость визуально по однородности содержимого. Результаты оформляют в виде таблицы.

Предельный углеводород	Растворители				
	$\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})}$	$\text{NaOH}$	$\text{H}_2\text{O}$	толуол	ацетон

### 5.2.2. Бромирование углеводородов

Реактивы и материалы: насыщенные углеводороды, ненасыщенные углеводороды, бромная вода (1 %-й раствор), индикаторная бумага.

Оборудование: пробирки.

В пробирку к 0,5 мл насыщенного углеводорода (примерно 10 капель) приливают 1 мл бромной воды. Встряхивают пробирку, не закрывая её пробкой. Происходит ли обесцвечивание бромной воды? Аналогично проводят опыт с ненасыщенным углеводородом. Устанавливают, исчезает ли окраска растворов, сопровождается ли исчезновение окраски образованием бромистого водорода – газа, дымящего на воздухе и окрашивающего влажную индикаторную бумажку в красный цвет.

### **5.2.3. Окисление углеводородов перманганатом калия**

Реактивы и материалы: насыщенные углеводороды, ненасыщенные углеводороды, перманганат калия (0,01 %-й раствор).

Оборудование: пробирки.

В пробирку к 0,5 мл насыщенного углеводорода приливают 0,5 мл раствора перманганата калия. Встряхивают пробирку, не закрывая её пробкой. Происходит ли изменение окраски раствора? Аналогично проводят опыт с ненасыщенным углеводородом.

### **5.2.4. Взаимодействие углеводородов с концентрированными кислотами**

Реактивы и материалы: предельные углеводороды, непредельные углеводороды, серная кислота концентрированная, азотная кислота концентрированная.

Оборудование: пробирки.

В пробирку к 1 мл предельного углеводорода приливают 1 мл концентрированной кислоты. Содержимое пробирки сильно, но осторожно встряхивают 1-2 минуты. Отмечают изменения. Аналогично проводят опыты с непредельным углеводородом.

### **5.2.5. Получение метана и его свойства**

Реактивы и материалы: безводный ацетат натрия, натронная известь, бромная вода (1 %-й раствор), перманганат калия (0,01 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, газоотводная трубка, спиртовка.

Помещают в сухую пробирку с газоотводной трубкой 3 г тщательно растертой в ступке смеси из 1 г безводного ацетат

натрия и 2 г натронной извести. Затем укрепляют пробирку, присоединив газоотводную трубку, как показано на рис. 4, нагревают смесь сначала осторожно, затем сильно. Опуская газоотводную трубку в отдельную пробирку с раствором перманганата калия, устанавливают, изменяется ли окраска раствора выделяющимися пузырьками газообразного углеводорода. Затем, не приостанавливая нагревания, поджигают выделяющийся газ. Метан спокойно сгорает голубоватым пламенем.

### 5.2.6. Получение и свойства этилена

Реактивы и материалы: этанол, серная кислота концентрированная, бромная вода (1 %-й раствор), перманганат калия (0,01 %-й раствор), «кипелки» (кусочки фарфора).

Оборудование: пробирки, газоотводная трубка.

Для изучения химических свойств этилена в одну пробирку помещают 1 мл бромной воды, в другую – 1 мл раствора перманганата калия и 2-3 капли концентрированной серной кислоты (для создания кислой среды).

Собирают установку для синтеза этилена, изображённую на рис. 4. В пробирку (1), укреплённую в штативе (2), наливают 1 мл этанола и осторожно приливают 3 мл концентрированной серной кислоты, добавляют «кипелку». Пробирку закрывают резиновой пробкой с газоотводной трубкой (3). Содержимое пробирки осторожно нагревают. Выделяющийся этилен пропускают через растворы бромной воды и перманганата калия. Наблюдают, происходит ли обесцвечивание растворов.

Результаты опытов 5.2.2 – 5.2.6 оформляют в виде таблицы.

Углеводород	Реагенты		
	$\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})}$	$\text{KMnO}_4$	$\text{Br}_2$

### 5.2.7. Отношение полиэтилена к действию различных химических реагентов

Реактивы и материалы: полиэтилен, серная кислота концентрированная, азотная кислота концентрированная, гидроксид натрия (30%-й раствор), ацетон, этиловый спирт.

Оборудование: пробирки.

Берут 5 пробирок. В первую помещают 1 мл концентрированной серной кислоты, во вторую – 1 мл концентрированной азотной кислоты, в третью – 1 мл раствора гидроксида натрия, в четвертую – 1 мл ацетона, в пятую – 1 мл этилового спирта. Добавляют в каждую пробирку по кусочку полиэтилена. В конце занятия наблюдают, что происходит с полиэтиленом в каждой пробирке.

### 5.2.8. Получение и свойства ацетилена

Реактивы и материалы: карбид кальция, бромная вода, перманганат калия (0,01 %-й раствор), сульфат меди (5 %-й раствор), аммиак (25 %-й раствор), гидроксилламин солянокислый (6 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, газоотводная трубка.

Для изучения химических свойств ацетилена берут три пробирки. В первую помещают 1 мл бромной воды, во вторую – 1 мл раствора перманганата калия и в третью – аммиачный раствор оксида меди (I). Для приготовления аммиачного раствора оксида меди (I) к 1 мл раствора сульфата меди приливают раствор аммиака до образования темно-синей окраски, а затем гидроксилламин до обесцвечивания.

Для получения ацетилена в пробирку наклонно закрепляют на штативе, помещают в нее несколько кусочков карбида кальция и наливают 3-5 мл воды. Сразу присоединяют газоотводную трубку. Выделяющийся ацетилен пропускают через бромную воду, раствор перманганата калия и раствор соли меди (I). Отмечают изменения, происходящие в каждой из пробирок.

## 5.3. Ароматические углеводороды

Для ароматических углеводородов характерны реакции замещения атома водорода бензольного ядра другими атомами или группами атомов. Их делят на реакции электрофильного и нуклеофильного замещения. Примерами реакций электрофильного замещения являются: галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование по Фриделю-Крафтсу, азосочетание и другие.

В молекуле бензола все шесть атомов углерода равноценны, поэтому не имеет значения, какой атом водорода будет замещаться. Если в бензольном кольце уже есть заместитель, то для определения направления замещения руководствуются правилами ориентации в бензольном кольце. Наиболее типичной реакцией нуклеофильного замещения является замещение галогенов гидроксильной, алкоксильной, аминогруппой. В ароматическом ряду такие процессы, как правило, затруднены.

Наиболее простым ароматическим соединением является бензол. Вещество токсичное, канцерогенное, поэтому работу с ним ограничивают (не допускаются к работе с бензолом женщины и лица моложе 18 лет). В учебных целях в качестве ароматического углеводорода используют толуол.

### **5.3.1. Определение растворимости толуола и фенола**

Реактивы и материалы: толуол, фенол, ацетон, гидроксид натрия (10 % раствор).

Оборудование: пробирки.

В две пробирки помещают по 1 мл толуола, в первую добавляют 1 мл ацетона, а во вторую – 1 мл воды. Содержимое пробирок тщательно взбалтывают. Отмечают, в какой пробирке образуются два слоя, а в какой однородный раствор. В пробирку с расслоившимися жидкостями добавляют 1 мл раствора гидроксида натрия. Отмечают, происходит ли растворение толуола?

Аналогично проводят опыт с фенолом.

### **5.3.2. Окисление толуола**

Реактивы и материалы: толуол, перманганат калия (0,1 %-й раствор), карбонат натрия (10 %-й раствор),

Оборудование: пробирки, стакан, водяная баня.

В пробирку помещают смесь 1 мл толуола, 1 мл раствора перманганата калия и 1 мл раствора соды. Смесь нагревают на водяной бане, периодически взбалтывая. Наблюдают изменение окраски водного слоя.



### 5.3.3. Сульфирование толуола

Реактивы и материалы: толуол, серная кислота концентрированная.

Оборудование: пробирки, стаканы, водяная баня.

В пробирку помещают 1 мл толуола и добавляют 1 мл концентрированной серной кислоты, затем пробирку нагревают на водяной бане при частом встряхивании. При нагревании толуол довольно быстро растворяется в серной кислоте. Когда растворение закончилось (после 5-7 мин нагревания), пробирку охлаждают в стакане с водой, затем выливают содержимое пробирки в стаканчик с 10-15 мл холодной воды и отмечают, выделяется ли исходный углеводород или продукт реакции.

### 5.3.4. Нитрование толуола

Реактивы и материалы: толуол, серная кислота концентрированная, азотная кислота концентрированная.

Оборудование: пробирки, стаканы, водяная баня.

Готовят нитрующую серно-азотную смесь, смешивая в пробирке 1,5 мл концентрированной азотной кислоты и 2 мл концентрированной серной кислоты. Охладив в воде разогревшуюся смесь кислот, вводят в нее по каплям 1 мл толуола при хорошем охлаждении и встряхивании реакционной смеси. Содержимое пробирки встряхивают до появления отчетливой оранжевой окраски, а затем выливают в стакан с холодной водой. Отмечают разделение слоев и их окраску. Маслянистый продукт нитрования толуола, выделяющийся после выливания реакционной смеси в воду, является смесью изомерных нитротолуолов.

### 5.3.5. Бромирование толуола

Реактивы и материалы: толуол, бром (5 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, стаканы, спиртовка, индикаторная бумага.

К 1 мл толуола добавляют 1 мл раствора брома. После встряхивания смесь делят на две части. Одну часть оставляют стоять в штативе, другую нагревают до кипения. Признаком идущей при нагревании реакции бромирования толуола является



исчезновение окраски брома и выделение дымящего на воздухе бромистого водорода, который можно определить, поднеся влажную индикаторную бумажку к отверстию пробирки во время нагревания.

### **5.3.6. Бромирование фенола**

Реактивы и материалы: фенол (1 %-й раствор), бром (5 %-й раствор).

Оборудование: пробирка.

В пробирку помещают 1 мл раствора фенола и при постоянном взбалтывании добавляют по каплям 1 мл бромной воды. Отмечают изменения, происходящие в пробирке.

## **5.4. Галогенпроизводные углеводов**

Галогенпроизводные можно рассматривать как продукты замещения в углеводородах одного или нескольких атомов водорода атомами галогенов. Для галогенпроизводных характерны реакции замещения галогена на какую-либо функциональную группу. Подвижность галогена в этих реакциях связана со строением углеводорода.

В галогенпроизводных предельных углеводородов наиболее прочна связь галогена с первичным атомом углерода, наименее — с третичным. При гидролизе галогенпроизводных водным раствором щелочи, более реакционноспособным является хлороформ, а четыреххлористый углерод в этих условиях практически не гидролизуется.

### **5.4.1. Получение бромистого этила**

Реактивы и материалы: этанол, бромид калия (кристаллический), серная кислота концентрированная, лед (снег).

Оборудование: пробирки, газоотводная трубка, стеклянная ложечка, стакан, пипетка, спиртовка.

Бромистый этил получают на установке, изображённой на рис 4. В реакционную пробирку (1) помещают 1,5 мл этанола, 1 мл воды и 1,5 мл концентрированной серной кислоты. Реакционную смесь охлаждают и добавляют к ней 4-5 ложечек бромида калия. Пробирку закрывают газоотводной трубкой, конец трубки

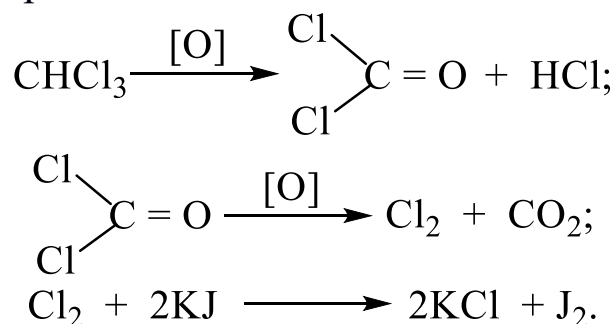
погружают в пробирку-приемник (4), содержащую 2 мл холодной воды с кусочком льда и погруженную в стаканчик со смесью воды и льда. Содержимое реакционной пробирки (1) нагревают до кипения. Нагревание ведут до появления в приемнике капель бромистого этила.

Полученный продукт отбирают пипеткой, переносят в чистую сухую пробирку. Стеклой палочкой вносят каплю бромистого этила в пламя спиртовки. Пламя окрашивается по краям в зеленый цвет.

#### 5.4.2. Обнаружение свободного хлора в хлороформе

Чистый хлороформ, окисляясь на свету, может разлагаться с образованием фосгена и хлористого водорода, а также свободного хлора.

Уравнения реакций:



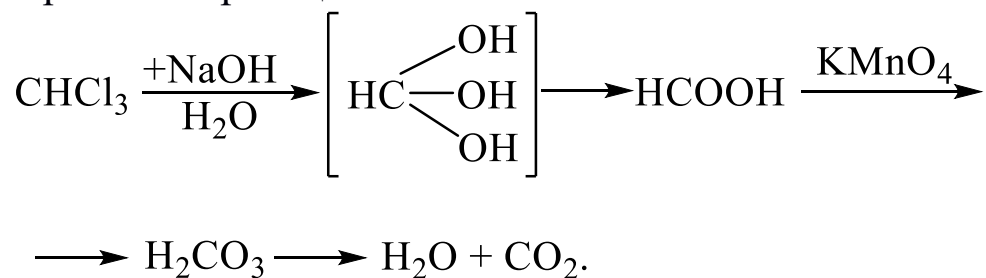
Реактивы и материалы: хлороформ, йодид калия (0,2 М раствор), крахмал (1 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, газоотводная трубка, спиртовка.

В пробирку помещают 5 капель хлороформа, 5 капель воды, 3 капли раствора йодида калия и взбалтывают, отмечают окраску нижнего слоя (хлороформ). Если окраска не ясно выражена, добавляют 2-3 капли крахмала.

### 5.4.3. Взаимодействие хлороформа со щелочью

Уравнения реакций:



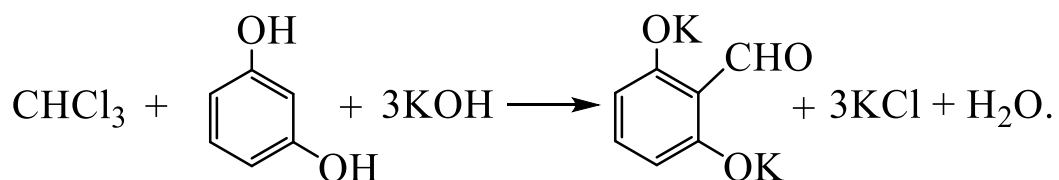
Реактивы и материалы: хлороформ, гидроксид натрия (2 М раствор), перманганат калия (0,01 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В пробирку помещают 3-4 капли хлороформа и 5 капель раствора гидроксида натрия. Смесь осторожно нагревают до кипения, часто встряхивая, после охлаждения добавляют несколько капель раствора перманганата калия. Отмечают изменение окраски раствора.

### 5.4.4. Качественная реакция на хлороформ

Уравнение реакции:



Реактивы и материалы: хлороформ, резорцин (1 %-й раствор), гидроксид натрия (10 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В пробирку вносят 2 капли раствора резорцина, затем приливают 2 мл раствора гидроксида натрия и 2-3 капли хлороформа. Смесь кипятят, при этом жидкость окрашивается в красный цвет с желто-зеленой флуоресценцией.

### 5.4.5. Качественная реакция на четыреххлористый углерод

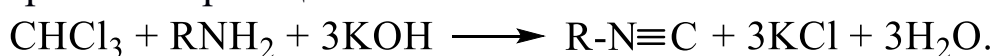
Реактивы и материалы: четыреххлористый углерод, этанол, соляная кислота концентрированная, соляная кислота (10 %-й раствор), цинк (гранулированный), анилин, гидроксид натрия (кристаллический).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В пробирку вносят 2 мл этанола, 2 капли четыреххлористого углерода, 5 капель разбавленной соляной кислоты и кусочек цинка. Смесь встряхивают в течение 2 минут, прибавляют каплю анилина и небольшой кусочек NaOH, затем короткое время нагревают – появляется характерный запах фенилизонитрила. Пробирку немедленно охлаждают и прибавляют концентрированную соляную кислоту, чтобы разрушить фенилизонитрил.

#### 5.4.6. Образование фенилизонитрила

Уравнение реакции:



Реактивы и материалы: анилин, хлороформ, гидроксид калия, этанол, соляная кислота концентрированная.

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В пробирке смешивают по 3 капли анилина и хлороформа, 2 мл этанола и 1 кусочек твердого гидроксида калия. При нагревании реакционной смеси появляется характерный запах. Фенилизонитрил разлагают соляной кислотой.

#### 5.4.7. Взаимодействие хлороформа и четыреххлористого углерода с нафтолами

Реактивы и материалы: хлороформ, β-нафтол, гидроксид калия (30 %-й раствор), четыреххлористый углерод.

Оборудование: пробирки, стеклянная ложечка, стакан, электроплитка.

В пробирке растворяют половину стеклянной ложечки β-нафтола в 1-2 мл раствора гидроксида калия, нагревают на водяной бане до 50 °С и прибавляют несколько капель хлороформа – появляется синяя окраска, переходящая постепенно в бурую. Опыт повторяют с четыреххлористым углеродом.

#### 5.4.8. Отношение полихлорвинила к действию различных химических реагентов

Реактивы и материалы: полихлорвиниловая пленка, серная кислота концентрированная, азотная кислота концентрированная,

гидроксид натрия (30 %-й раствор), ацетон, этиловый спирт, перманганат калия (0,01 %-й раствор).

Оборудование: пробирки.

Берут 6 пробирок. В первую помещают 0,5 мл концентрированной серной кислоты, во вторую – 0,5 мл каплей концентрированной азотной кислоты, в третью – 0,5 мл каплей раствора гидроксида натрия, в четвертую – 0,5 мл каплей ацетона, в пятую – 0,5 мл каплей этилового спирта, в шестую – 0,5 мл каплей раствора перманганата калия. Добавляют в каждую пробирку по кусочку полихлорвиниловой пленки. В конце занятия наблюдают, что происходит с полихлорвинилом в каждой пробирке.

#### **5.4.9. Получение йодоформа**

Реактивы и материалы: йод (0,1 М раствор), этанол, гидроксид натрия (10 %-й раствор), изопропиловый спирт, н-бутиловый спирт.

Оборудование: пробирки, спиртовка.

К 2 каплям 0,1 М раствора йода прибавляют 2-3 капли этанола и затем по каплям 10 %-й раствор гидроксида натрия до тех пор, пока бурый цвет раствора не перейдет в бледно-желтый. При небольшом нагревании образуется бледно-желтый осадок йодоформа, имеющего характерный запах. Опыт повторяют с изопропиловым и н-бутиловым спиртом.

### **5.5. Спирты и фенолы**

Спирты содержат в своем составе гидроксильную группу, нейтральны на лакмус, но являются слабыми кислотами. Растворимость спиртов в воде снижается с увеличением числа атомов углерода в молекуле и возрастает с увеличением числа гидроксильных групп. Для спиртов характерны реакции замещения гидроксильной группы, реакции окисления, реакции отщепления с образованием двойной связи.

Соединения, в которых гидроксильная группа связана с ароматическим кольцом, называют фенолами. Фенолы обладают более выраженным кислым характером, что обусловлено влиянием ароматического кольца; фенолы легко окисляются, с раствором хлорного железа дают интенсивно окрашенные комплексы.

### **5.5.1. Взаимодействие н-бутилового спирта с хлористым кальцием**

Реактивы и материалы: н-бутиловый спирт, хлорид кальция, лед (снег).

Оборудование: пробирки, стеклянная лопатка, водяная баня.

В пробирку помещают 1 мл н-бутилового спирта и постепенно при сильном встряхивании присыпают 3 микролопатки хлорида кальция. Для полного растворения пробирку нагревают на водяной бане. Реакционную смесь охлаждают, наблюдают выпадение кристаллов. Безводный хлорид кальция, часто применяемый для осушки органических жидкостей, непригоден для осушки спиртов, так как образует с ними кристаллоалкоголяты.

### **5.5.2. Обнаружение воды в спирте**

Реактивы и материалы: этиловый спирт, сульфат меди ( $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$  кристаллический), изоамиловый спирт, глицерин.

Оборудование: пробирки, металлическая ложечка, спиртовка.

Несколько кристаллов сульфата меди нагревают на пламени спиртовки до полного исчезновения голубой окраски соли. Дают остыть полученному белому порошку, пересыпают его в сухую пробирку и добавляют 1 мл этилового спирта. Пробирку встряхивают и слегка нагревают. Происходит ли изменение окраски порошка? По изменению окраски можно судить о ходе обезвоживания спирта. Повторить опыт с остальными спиртами.

### **5.5.3. Окисление этилового спирта**

Реактивы и материалы: этиловый спирт, бихромат калия (0,5 М раствор), серная кислота (1 М раствор).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В пробирку к 1 мл этилового спирта добавляют 1 мл раствора серной кислоты и 2 мл раствора бихромата калия. Осторожно нагревают. Наличие реакции окисления обнаруживается по изменению цвета раствора, а образование уксусного альдегида – по его характерному запаху.

#### 5.5.4. Окисление изоамилового спирта

Реактивы и материалы: изоамиловый спирт, бихромат калия (0,5 М раствор), серная кислота (1 М раствор).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В пробирку к 1 мл изоамилового спирта добавляют 1 мл раствора серной кислоты и 2 мл раствора бихромата калия. Осторожно нагревают до изменения цвета раствора и появления характерного запаха изоамилового альдегида.

#### 5.5.5. Получение диэтилового эфира

Реактивы и материалы: этиловый спирт, серная кислота концентрированная.

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В сухую пробирку помещают 5 капель этилового спирта и 5 капель концентрированной серной кислоты. Смесь осторожно нагревают до начала кипения. К горячей смеси *очень осторожно* добавляют еще 2 капли этилового спирта. Ощущается характерный запах диэтилового эфира.

#### 5.5.6. Образование глицерата меди

Реактивы и материалы: сульфат меди (2 М раствор), серная кислота (1 М раствор), гидроксид натрия (2 М раствор), глицерин.

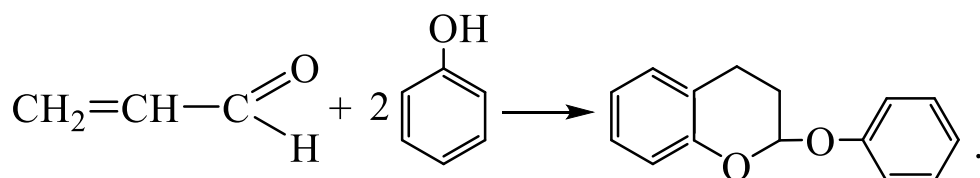
Оборудование: пробирки, спиртовка.

В пробирку помещают 1 мл 2 М раствора сульфата меди и 1 мл 2 М раствора гидроксида натрия. К выпавшему осадку гидроксида меди (II) добавляют несколько капель глицерина. Почему происходит растворение осадка образовавшегося гидроксида меди (II)?

#### 5.5.7. Качественная реакция на глицерин

При нагревании глицерина с серной кислотой происходит его дегидратация и образуется акролеин, который реагирует с фенолом в щелочной среде, с образованием окрашенного соединения:





Реактивы и материалы: глицерин, фенол, серная кислота концентрированная, аммиак (25 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В пробирку помещают 0,5 мл глицерина, 1 стеклянную ложку фенола и 0,5 мл концентрированной серной кислоты. Смесь нагревают в пламени спиртовки и, после охлаждения, разбавляют 1 мл воды. При подщелачивании аммиаком раствор окрашивается в красный цвет.

### 5.5.8. Образование и разложение фенолятов

Реактивы и материалы: фенол (кристаллический), гидроксид натрия (10 %-й раствор), серная кислота разбавленная.

Оборудование: пробирки.

К 0,2–0,4 г кристаллического фенола добавляют 1 мл воды, а затем – разбавленный раствор щелочи до полного растворения. Из полученного прозрачного раствора при подкислении разбавленной серной кислотой выделяется в осадок исходное вещество.

### 5.5.9. Сульфирование фенола

Реактивы и материалы: фенол (кристаллический), гидроксид натрия (10 %-й раствор), серная кислота концентрированная.

Оборудование: пробирки, водяная баня.

В пробирку помещают 1 г фенола и осторожно добавляют 1,5 мл концентрированной серной кислоты. При встряхивании кристаллы фенола растворяются. Несколько капель этой жидкости помещают в отдельную пробирку с 1 мл воды, при этом фенол выделяется в виде мути. Проведя эту пробу, нагревают основную часть реакционной массы на водяной бане 5 минут, затем охлаждают и осторожно выливают в стаканчик с 10–15 мл холодной воды. Образуется прозрачный раствор, и исходное вещество уже не выделяется.



### 5.5.10. Реакция фенолов и нафтолов с хлоридом железа (III)

Реактивы и материалы: фенол,  $\alpha$ - или  $\beta$ -нафтол, раствор хлорида железа (III).

Оборудование: пробирки.

Опыт проводят одновременно с растворами различных фенолов и нафтолов.

К 5–6 каплям каждого из исследуемых растворов добавляют 1–1,5 мл воды и затем 3–5 капель раствора хлорида железа (III). Образование интенсивно окрашенных комплексов железа с фенолами и нафтолами используется как качественная реакция на фенолы и нафтолы. Опыт можно оформить в виде таблицы:

Название и формула вещества	Цвет комплекса

Растворы фенола и резорцина дают при этом интенсивное фиолетовое окрашивание, раствор пирогаллола – буровато-красное. Раствор гидрохинона сначала зеленеет, затем буреет и при стоянии выделяет красивые темно-зеленые игольчатые кристаллы хингидрона.

## 5.6. Альдегиды и кетоны

Альдегиды и кетоны имеют в своем составе карбонильную группу  $\text{>C=O}$ . В молекуле альдегида карбонильная группа связана с одним атомом водорода и одним углеводородным радикалом, в случае кетонов карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами. Кетоны и особенно альдегиды – весьма реакционноспособные соединения, вступающие в реакции присоединения и окисления. Кроме того, возможны реакции с участием водорода в  $\alpha$ -положении к карбонильной группе. Кетоны обладают меньшей реакционной способностью по сравнению с альдегидами.

### 5.6.1. Получение ацетальдегида из этилового спирта

Реактивы и материалы: этиловый спирт, медная проволока.

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В сухую пробирку помещают 0,5 мл этилового спирта. Спираль из медной проволоки нагревают в пламени горелки до появления черного налета окиси меди. Еще горячую спираль опускают в пробирку с этиловым спиртом, отмечают изменение цвета спирали. Образование уксусного альдегида обнаруживается по характерному запаху (запах яблок).

### **5.6.2. . Получение ацетона окислением изопропилового спирта**

Реактивы и материалы: изопропиловый спирт, бихромат калия (10 %-й раствор), серная кислота разбавленная.

Оборудование: пробирки, водяная баня.

Смешивают в пробирке 0,5 мл раствора бихромат калия, 1 мл разбавленной серной кислоты и 0,5 мл изопропилового спирта. Смесь нагревают. Наличие реакции окисления обнаруживается по изменению цвета раствора, а образование кетона – по его характерному запаху.

### **5.6.3. Получение ацетальдегида окислением этилового спирта**

Реактивы и материалы: этиловый спирт, бихромат калия (кристаллический), серная кислота разбавленная.

Оборудование: пробирки, спиртовка.

В сухую пробирку помещают 0,5 г бихромата калия, а затем приливают 2 мл разбавленной серной кислоты и 2 мл этилового спирта, смесь встряхивают и вносят. Наблюдается разогрев и изменение окраски смеси. Собирают установку для синтеза как показано на рис. 4. Газоотводную трубку погружают почти до дна пробирки-приемника, содержащей 2 мл холодной воды. Приемник погружают в стаканчик с холодной водой. Осторожно нагревают реакционную смесь в пламени спиртовки, регулирую равномерное кипение смеси. В течение 2 минут объем жидкости в приемнике должен увеличиться вдвое, затем прекращают нагревание и разбирают установку, а полученный раствор ацеальдегида используют по назначению.

#### 5.6.4. Восстановление альдегидами соединений меди

Реактивы и материалы: ацетальдегид (водный раствор, см. опыт 5.6.3), глюкоза (0,5 %-й раствор), гидроксид натрия (10 %-й раствор), сульфат меди (10 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

К 1 мл раствора альдегида добавляют 0,5 мл раствора гидроксида натрия и затем по каплям раствор сульфата меди до образования осадка  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Смесь нагревают до начала кипения, при этом осадок изменяет окраску.

#### 5.6.5. Окисление бензальдегида кислородом воздуха

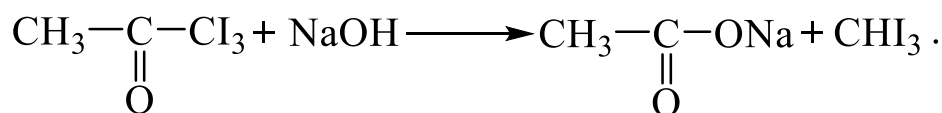
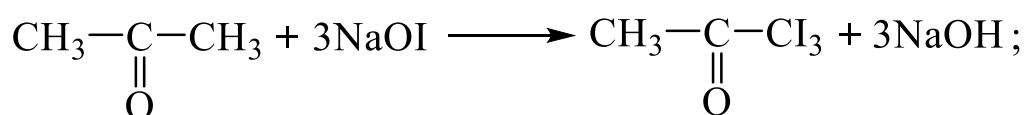
Реактивы и материалы: бензальдегид, гидроксид натрия (10 %-й раствор).

Оборудование: часовое или предметное стекло.

Одну каплю бензальдегида помещают на часовое стекло и оставляют стоять на воздухе. Через некоторое время на стекле образуются кристаллы бензойной кислоты, растворяющиеся в растворе гидроксида натрия при добавлении последнего на то же часовое стекло.

#### 5.6.6. Образование йодоформа из ацетона

Уравнения реакций:



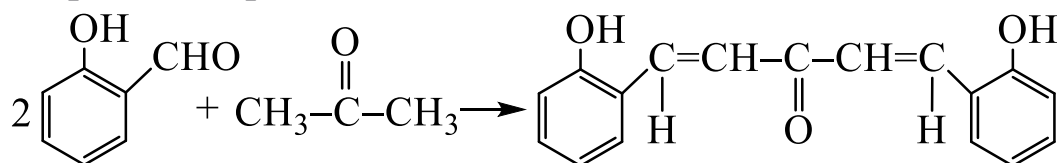
Реактивы и материалы: йод (0,1 М раствор), ацетон, гидроксид натрия (10 %-й раствор).

Оборудование: пробирки.

К 2 мл раствора йода прибавляют 2-3 капли ацетона и затем по каплям при взбалтывании раствор гидроксида натрия до тех пор, пока не исчезнет бурый цвет раствора – образуется желтый осадок йодоформа с характерным запахом; такую же реакцию дают метилпропилкетон и другие метилкетоны.

### 5.6.7. Качественная реакция на ацетон

Уравнение реакции:

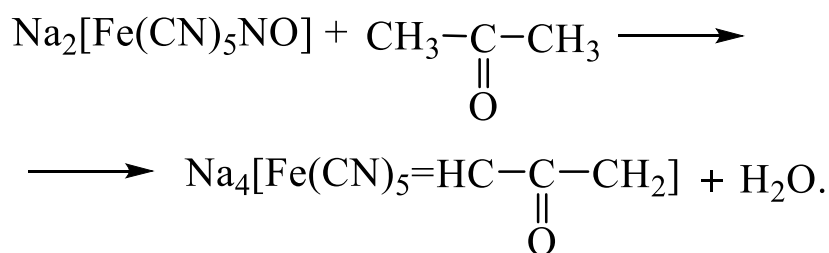


Реактивы и материалы: ацетон, гидроксид калия, салициловый альдегид (или его 10 %-й спиртовой раствор).

Оборудование: пробирки, стакан, электроплитка.

К 1 мл ацетона прибавляют 1 мл воды, 2–3 кусочка твердого гидроксида калия и 2 капли салицилового альдегида или 1 мл его 10 %-го спиртового раствора и нагревают до 50 °С. Кусочки гидроксида калия по краям становятся пурпурно-красными, жидкость сначала желтеет, а потом приобретает карминово-красный цвет.

### 5.6.8. Нитропруссидная реакция – качественная реакция на ацетон



Реактивы и материалы: ацетон (5% (об.) раствор), нитропруссид натрия (0,5 М раствор), гидроксид натрия (10 %-й раствор), уксусная кислота (2 М раствор).

Оборудование: пробирки.

В пробирку вносят 5 капель раствора нитропруссиды натрия, 10 капель воды и 5 капель водного раствора ацетона. При добавлении 5 капель раствора гидроксида натрия смесь окрашивается, при добавлении 5 капель раствора уксусной кислоты принимает вишнево-красный оттенок.

### 5.6.9. Получение 2,4-динитрофенилгидразона ацетона

Реактивы и материалы: ацетон, 2,4-динитрофенилгидразин (0,5 М раствор), гидроксид натрия (20 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

К раствору 2,4-динитрофенилгидразина прибавляют 3–4 капли ацетона. Смесь встряхивают и слегка нагревают. Что происходит? При добавлении нескольких капель 20 %-го раствора гидроксида натрия происходит изменение окраски.

#### **5.6.10. Взаимодействие ацетона с солянокислым гидроксиламином**

Реактивы и материалы: ацетон, гидроксилламин солянокислый (5 %-й раствор), метиловый оранжевый (1 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, стаканчик, электроплитка.

К 2 мл раствора солянокислого гидроксилламина прибавляют 0,5 мл ацетона. Смесь нагревают на водяной бане и добавляют 1 каплю метилового оранжевого. Отмечают изменение цвета индикатора.

#### **5.6.11. Получение гидросульфитного производного ацетона**

Реактивы и материалы: ацетон, гидросульфит натрия (насыщенный раствор).

Оборудование: пробирки.

В пробирке энергично встряхивают 0,5 мл ацетона с 0,5 мл свежеприготовленного раствора гидросульфита натрия. Выпадает кристаллический осадок гидросульфитного производного ацетона. Эта реакция является качественной на карбонильную группу.

#### **5.6.12. Растворимость ацетона в насыщенном растворе хлорида натрия**

Реактивы и материалы: ацетон, хлорид натрия (насыщенный раствор).

Оборудование: пробирки.

При смешивании 0,5 мл ацетона с 0,5 мл насыщенного раствора хлорида натрия раствор должен оставаться прозрачным. При содержании в ацетоне высших кетонов выделяются маслянистые капли.

### 5.6.13. Образование озаона глюкозы

Реактивы и материалы: фенилгидразин солянокислый, ацетат натрия, глюкоза (0,5 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, стаканчик, электроплитка.

В пробирку помещают на кончике микролопатки солянокислый фенилгидразин и столько же ацетата натрия, затем добавляют 1,5 мл раствора глюкозы. Ставят пробирку в кипящую водяную баню и нагревают 30-40 мин. Образуется желтый кристаллический осадок озаона глюкозы.

### 5.6.14. Полимеризация формальдегида

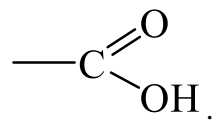
Реактивы и материалы: формальдегид, серная кислота концентрированная,

Оборудование: пробирки.

К 1 мл формальдегида добавляют 5 капель серной кислоты при охлаждении в воде и встряхивании. Выделяется белый осадок.

## 5.7. Карбоновые кислоты и их производные

К классу карбоновых кислот относятся соединения, содержащие функциональную карбоксильную группу



Карбоновые кислоты обладают кислой реакцией, способны к образованию солей. В химические реакции карбоновые кислоты вступают в основном за счет функциональной группы.

### 5.7.1. Растворимость кислот в воде

Реактивы и материалы: уксусная кислота, масляная кислота, щавелевая кислота, бензойная кислота.

Оборудование: пробирки, водяная баня.

В пробирки помещают по 1 мл (или несколько кристаллов) исследуемой карбоновой кислоты. В каждую пробирку добавляют по 1 мл воды. Встряхивают и отмечают, происходит ли растворение кислот. Если кислота не растворяется, пробирку нагревают. Отмечают, происходит ли растворение кислот после нагре-

вания. Горячие растворы охлаждают. Отмечают, наблюдается ли выделение кристаллов кислот.

### **5.7.2. Кислотные свойства карбоновых кислот**

Реактивы и материалы: уксусная кислота (0,1 М раствор), метиловый оранжевый (1 %-й раствор), фенолфталеин (1 %-й раствор), карбонат натрия.

Оборудование: пробирки.

В каждую из трех пробирок помещают по 1 мл раствора уксусной кислоты. В первую пробирку добавляют 3 капли раствора метилового оранжевого, во вторую – 3 капли раствора фенолфталеина, в третью – несколько крупинок карбоната натрия. Отмечают происходящие изменения. Метиловый оранжевый – рН-индикатор с переходом окраски от красной к желтой в интервале рН от 3,0 до 4,4. Фенолфталеин – рН-индикатор с переходом окраски от бесцветной к малиново-красной в интервале рН от 8,2 до 10,0.

### **5.7.3. Различие в окисляемости органических кислот**

Реактивы и материалы: муравьиной кислота, уксусная кислота (ледяная), олеиновая кислота, серная кислота разбавленная, перманганата калия (0,2 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, водяная баня.

Готовят водные растворы органических кислот, смешивая несколько капель кислоты (3-5) и 1-2 мл воды. К каждому из полученных растворов добавляют по 1 мл разбавленной серной кислоты и раствора перманганата калия по каплям. Различие в ходе окисления отчетливо обнаруживается по изменению окраски раствора сразу или при стоянии в течение нескольких минут.

### **5.7.4. Получение бензойной кислоты окислением толуола**

Реактивы и материалы: толуол, перманганата калия (в порошке), гидроксид калия (концентрированный раствор), этиловый спирт (или щавелевая кислота), соляная кислота разбавленная.

Оборудование: круглодонная колба на 100 мл, холодильник, электроплитка, фарфоровая чашка, химический стакан.

В круглодонную колбу помещают 1,5 г перманганата калия,



25 мл воды, 5 капель концентрированного раствора гидроксида калия, 1 мл толуола и «кипелку». Установив холодильник, как показано на рис. 5, смесь нагревают до кипения и кипятят 1 ч.

Признаком окончания реакции служит исчезновение окраски перманганата или исчезновение капель толуола в водном конденсате, стекающем из холодильника.

По окончании реакции смесь немного охлаждают (примерно до 50 °С), а избыток перманганата разлагают, добавляя несколько капель этилового спирта или микролопатку щавелевой кислоты до исчезновения фиолетовой окраски.

Затем жидкость переливают в стакан или фарфоровую чашку и нагревают до уменьшения объема примерно наполовину. Смеси дают остыть и подкисляют разбавленной соляной кислотой до кислой реакции по универсальному индикатору. Выпавшие кристаллы бензойной кислоты отфильтровывают.

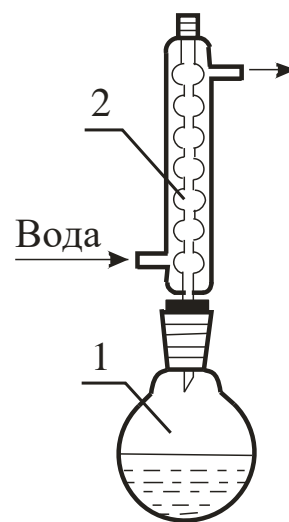


Рис. 4. Установка для получения бензойной кислоты:  
1 – круглодонная колба,  
2 – обратный холодильник.

#### 5.7.5. Получение бензойной кислоты окислением бензальдегида

Реактивы и материалы: бензальдегид, гидроксид калия (насыщенный раствор), этиловый спирт, бихромат калия (кристаллический), перманганата калия (0,2 %-й раствор), соляная кислота разбавленная.

Оборудование: пробирки, водяная баня, фильтр, стеклянная воронка.

а) 1 мл насыщенного раствора гидроксида калия смешивают с 4 мл этилового спирта и добавляют эту смесь при встряхивании к 1 мл бензальдегида. Смесь разогревается и быстро затвердевает (образуется бензоат калия). Кристаллы фильтруют и растворяют в 4-5 мл воды. К полученному раствору добавляют 1 мл разбав-



ленной соляной кислоты при этом бензойная кислота выпадает в осадок.

б) К 1-2 каплям бензальдегида добавляют 2-3 мл раствора перманганата калия и нагревают смесь на водяной бане при встряхивании до исчезновения запаха бензальдегида. Избыток перманганата разлагают, добавляя несколько капель этилового спирта до исчезновения фиолетовой окраски, горячую смесь фильтруют через маленький складчатый фильтр. Из фильтрата после подкисления раствором соляной кислоты выделяются кристаллы бензойной кислоты.

#### **5.7.6. Взаимодействие бензойной и салициловой кислот с хлоридом железа (III)**

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

Оборудование: пробирки.

Готовят насыщенные водные растворы бензойной и салициловой кислот, встряхивая в отдельных пробирках небольшие количества их с 1-2 мл воды. Полученные прозрачные растворы сливают с осадков и используют для данного опыта.

К 1 мл водного раствора каждой из исследуемых кислот добавляют несколько капель раствора хлорида железа (III). Раствор бензойной кислоты изменений не обнаруживает. Раствор салициловой кислоты окрашивается в интенсивный фиолетовый цвет.

#### **5.7.7. Сравнение окисляемости бензойной и салициловой кислот**

Реактивы и материалы: бензойная кислота, салициловая кислота, раствор перманганата калия, раствор карбоната натрия.

Оборудование: пробирки.

К 5–10 каплям раствора каждой из исследуемых кислот добавляют равный объем раствора карбоната натрия и затем раствор перманганата калия по каплям при встряхивании до прекращения изменения окраски смеси. Для бензойной кислоты этот момент наступает сразу же от первых капель перманганата; раствор салициловой кислоты изменяет окраску перманганата даже после прибавления значительного объема последнего.

### 5.7.8. Получение этилацетата

Реактивы и материалы: уксусная кислота (ледяная), этиловый спирт, серная кислота концентрированная, хлорида натрия (насыщенный раствор).

Оборудование: пробирки, водяная баня.

Смешивают в пробирке 1 мл ледяной уксусной кислоты, 1 мл этилового спирта и 15 капель концентрированной серной кислоты. Смесь встряхивают, помещают в горячую, но не кипящую водяную баню, нагревают до начала кипения и добавляют 10 мл насыщенного раствора хлорида натрия, отмечают наблюдаемые изменения.

### 5.7.9. Получение этилбензоата

Реактивы и материалы: бензойная кислота, этиловый спирт, серная кислота концентрированная.

Оборудование: пробирки, водяная баня.

Помещают в пробирку около 0,5 г бензойной кислоты и прибавляют 3 мл этилового спирта. После растворения кислоты прибавляют 15 капель концентрированной серной кислоты и нагревают при встряхивании 10 мин в горячей, но не кипящей водяной бане, следя за тем, чтобы жидкость в пробирке не кипела. Затем охлаждают пробирку в холодной воде и выливают ее содержимое в стаканчик с водой. Отмечают расслоение жидкости и появление специфического запаха.

### 5.7.10. Гидролиз сложных эфиров

Реактивы и материалы: этилацетат, серная кислота разбавленная, гидроксида натрия (концентрированный раствор).

Оборудование: пробирки, водяная баня.

В три пробирки помещают 6-8 капель этилацетата. Приливают во все пробирки по 1 мл воды и добавляют во вторую пробирку 12 капли разбавленной серной кислоты, а в третью пробирку – 1-2 капли концентрированного раствора гидроксида натрия. Нагревая при встряхивании одновременно все пробирки в горячей (60–70 °С) воде, отмечают различие в скорости исчезновения капель, а также запаха сложного эфира во всех трех про-

бирках.

### **5.7.11. Омыление жиров**

Реактивы и материалы: жир (подсолнечное масло, топленое масло), этиловый спирт, серная кислота разбавленная, гидроксида натрия (концентрированный раствор), хлорид натрия (насыщенный раствор).

Оборудование: фарфоровая чашка, пробирки, водяная баня.

В фарфоровую чашку или широкую пробирку помещают около 3 г жира, 3 мл этилового спирта и 3 мл концентрированного раствора щелочи. Перемешивают смесь стеклянной палочкой и нагревают на водяной бане до кипения. Смесь быстро становится однородной и омыление заканчивается через 3-5 минут. К полученной густой жидкости при перемешивании добавляют горячий насыщенный раствор поваренной соли. Смесь мутнеет и выделяется слой мыла на поверхности жидкости. После охлаждения мыло отфильтровывают.

### **5.7.12. Выделение жирных кислот из мыла**

Реактивы и материалы: раствор мыла, серная кислота разбавленная, гидроксида натрия (концентрированный раствор).

Оборудование: пробирки, водяная баня.

К 2 мл раствора мыла добавляют 1 мл разбавленной серной кислоты и погружают пробирку со смесью в кипящую водяную баню так, чтобы уровень замутившейся при подкислении смеси был ниже уровня воды в бане. Выделяющиеся свободные жирные кислоты всплывают в виде жидкого слоя, а водный раствор осветляется. Когда четкое разделение слоев достигнуто, вынимают пробирку и доливают в нее столько воды, чтобы слой жирных кислот поднялся почти до краев пробирки, после чего ставят пробирку в стакан с холодной водой. Жирные кислоты из масла растительного происхождения при охлаждении остаются жидкими, они почти не имеют запаха. Кислоты из жиров животного происхождения затвердевают и имеют слабый специфический запах.

### 5.7.13. Гидролиз мыла

Реактивы и материалы: спиртовой раствор мыла, фенолфталеин (1 %-й раствор).

Оборудование: пробирки.

Берут спиртовой раствор мыла, добавляют 2-3 капли фенолфталеина, раствор остается бесцветным. При добавлении в пробирку с раствором мыла дистиллированной воды наблюдают изменение окраски раствора.

### 5.7.14. Эмульгирование масел и жиров

Реактивы и материалы: растительное масло, раствор мыла, гидроксида натрия (1 %-й раствор), серная кислота разбавленная, раствор карбоната натрия.

Оборудование: пробирки.

В каждую из четырех пробирок помещают по 5 мл воды, 5 капель растительного масла или жира. Затем в первую пробирку добавляют 5 капель 1 % раствора гидроксида натрия, во вторую пробирку – 5 капель раствора мыла, в третью пробирку – 5 капель разбавленной серной кислоты, в четвертую пробирку – 5 капель раствора карбоната натрия. Перемешивают содержимое в пробирках в течение 1 мин. Сравнивают устойчивость полученных эмульсий.

## 5.8. Азотсодержащие соединения (амины, белки)

Аминами называются соединения, которые можно рассматривать как производные аммиака, в молекуле которого один или несколько атомов водорода замещены на углеводородные радикалы. Амины обладают основными свойствами. Ароматические амины более слабые основания, чем алифатические амины из-за влияния фенилрадикала на аминогруппу.

Аминокислотами называют соединения, в молекуле которых одновременно содержатся карбоксильные и аминогруппы. Аминокислоты образуют соли и по аминогруппе (с кислотами) и по карбоксильной группе (с основаниями).

Белки представляют собой высокомолекулярные соединения, состоящие из соединенным между собой остатков амино-

кислот и при гидролизе распадающиеся на  $\alpha$ -аминокислоты. Вследствие одновременного наличия в молекуле свободных карбоксильных и аминогрупп, белки способны диссоциировать и как кислоты и как основания (амфотерны). Для обнаружения белков широко используются цветные реакции белков и их способность в определенных условиях выпадать в осадок.

### 5.8.1. Образование и разложение соли анилина

Реактивы и материалы: анилин, серная кислота разбавленная, гидроксид натрия (10 %-й раствор).

Оборудование: пробирки.

В пробирку помещают 3 капли анилина и 1 мл воды. Содержимое пробирки встряхивают и к водной эмульсии добавляют по каплям разбавленную серную кислоту, образуется кристаллический осадок сульфата анилина. При добавлении к этому осадку по каплям щелочи последний растворяется, из соли выделяется свободный анилин.

### 5.8.2. Окисление анилина

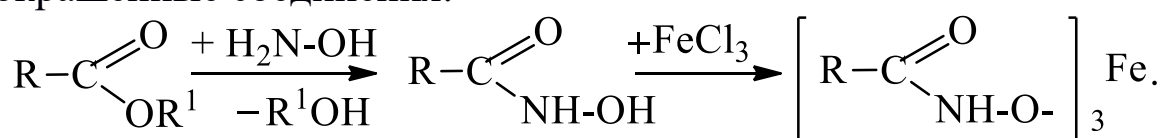
Реактивы и материалы: анилин (сильно разбавленный раствор), бихромата калия (10 %-й раствор), серная кислота разбавленная.

Оборудование: пробирки.

К 10 каплям анилиновой воды (сильно разбавленный раствор анилина) добавляют 2-3 капли раствора бихромата калия и 5 капель разбавленной серной кислоты. Жидкость окрашивается в интенсивный темно-зеленый цвет, переходящий в синий, а затем в черный.

### 5.8.3. Образование ацетгидроксамовой кислоты

Сложные эфиры образуют с гидроксиламином гидроксамовые кислоты, которые с хлоридом железа (III) дают интенсивно окрашенные соединения:



Реактивы и материалы: этилацетат или бутилацетат, солянокислый гидроксилламин (5 %-й раствор), гидроксид калия (насыщенный раствор), соляная кислота разбавленная, раствор хлорида железа (III).

Оборудование: пробирки, водяная баня.

В пробирку помещают 3-5 капль этилацетата или бутилацетата и 0,5 мл раствора солянокислого гидроксилламина, 1-2 мл спирта и 3-5 капль концентрированного раствора щелочи. В другой пробирке смешивают в тех же количествах перечисленные вещества, но этил(бутил)ацетат не вносят. Обе пробирки нагревают до начала кипения смесей в горячей, но не кипящей водяной бане, затем охлаждают и добавляют в каждую пробирку сначала разбавленную соляную кислоту до кислой реакции по индикатору, потом по 1-2 капли раствора хлорида железа (III). Отмечают появление окрашивания жидкости в одной из пробирок – свидетельство образования ацетгидроксамовой кислоты.

#### **5.8.4. Осаждение белков при нагревании**

Реактивы и материалы: белки (раствор), уксусная кислота (1 %-й и 10 %-й растворы), гидроксид натрия (10 %-й раствор).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

Приготовление растворов белка.

а) Белок одного куриного яйца хорошо взбивают, а потом смешивают в закрытой колбе со 150 мл дистиллированной воды при сильном встряхивании. Полученный раствор фильтруют через двойной слой, смоченной в воде марли или через полотно свободно уложенного в воронку в виде мешочка. Полученный фильтрат (раствор альбумина с примесью глобулина) используют по назначению.

б) Растворяют 1 г желатина в 100 мл воды и добавляют 0,5 мл 5 %-го раствора гидроксида калия.

В пять пробирок наливают по 2 мл раствора белка (альбумина).

а) Нагревают содержимое первой пробирки. Осадок белка или усиление опалесценции появляется еще до того, как жидкость закипит.



б) Добавляют во вторую пробирку 1 каплю 1 %-го раствора уксусной кислоты и нагревают. Хлопьевидный осадок белка выпадает скорее и полнее вследствие того, что в результате подкисления рН раствора сдвинулся к изоэлектрической точке белка.

в) Добавляют в третью пробирку около 0,5 мл 10 %-го раствора уксусной кислоты и нагревают. Осадка белка не образуется даже при кипячении.

г) Добавляют в четвертую пробирку около 0,5 мл 10 %-го раствора уксусной кислоты и несколько капель насыщенного раствора хлористого натрия и нагревают. Образуется осадок белка.

д) Добавляют в пятую пробирку около 0,5 мл раствора гидроксида натрия и нагревают. Осадка белка не образуется даже при кипячении.

Повторяют опыт с желатином.

Выпадение белков в осадок при нагревании характерно почти для всех белков (исключение составляет желатина, не свертывающаяся при нагревании). Особенно легко и более полно происходит осаждение белка в слабо кислой среде (пункт «б»). В нейтральной и резко кислой средах (пункт «в») осаждение белков идет значительно хуже, а в щелочной среде вовсе не наблюдается (пункт «д»).

#### **5.8.5. Биуретовая реакция белков (реакция на пептидные группы)**

Реактивы и материалы: белки (раствор), гидроксид калия (насыщенный раствор), сульфат меди (10 %-й раствор).

Оборудование: пробирки.

К 1-2 мл раствора белка добавляют равный объем раствора щелочи и затем каплю (не больше!) раствора сульфата меди. Жидкость окрашивается в фиолетовый цвет.

#### **5.8.6. Ксантопротеиновая реакция белков**

Реактивы и материалы: белки (раствор), азотная кислота концентрированная, гидроксид калия (насыщенный раствор).

Оборудование: пробирки, спиртовка.

К 1 мл раствора белка добавляют 0,2-0,3 мл концентрированной азотной кислоты, появляется белый осадок или раствор



мутнеет. Затем смесь нагревают и кипятят ее 1-2 минуты, при этом осадок и раствор окрашиваются в желтый цвет. При кипячении осадок может частично или полностью раствориться. Охладив смесь, осторожно, по каплям добавляют в смесь избыток раствора щелочи (1-2 мл), раствор и осадок приобретает оранжевую окраску.

## **6. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЁТА**

Текущие записи при выполнении лабораторных работ выполняются в лабораторном журнале (школьная тетрадь). Записи необходимо вести четко, аккуратно и в определенном порядке:

1. Название опыта.
2. Уравнения химических реакций (если имеются).
3. Меры по технике безопасности при выполнении работы.
4. Краткое описание опыта и наблюдения.
5. Выводы.

По окончании работы студенты сдают оформленный отчёт на проверку преподавателю. При правильном оформлении отчёта преподаватель расписывается в лабораторном журнале. В случае необходимости отдает отчёт на доработку студенту.

## **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите два способа фильтрования.
2. В каком случае применяют фильтрование при пониженном давлении?
3. Опишите приборы для фильтрования при атмосферном и пониженном давлении.
4. На чем основан метод очистки твердых веществ перекристаллизацией?
5. Перечислите основные требования к растворителю для перекристаллизации.
6. В каком случае перекристаллизация проводится с активированным углем?
7. Перечислите приборы и посуду для проведения перекристаллизации.
8. Перечислите способы перегонки жидкостей.

9. Перечислите, какую стеклянную посуду используют при проведении простой перегонки.

10. Расскажите (покажите) как закрепляют в штативе стеклянную посуду.

11. Опишите порядок сборки установки для простой перегонки.

12. Дайте определение понятию возгонка.

13. Изобразите схему простейшей установки для проведения возгонки.

14. Для чего применяют высушивание веществ?

15. Как сушат твердые вещества?

16. Как сушат жидкие вещества от содержащейся в них воды?

17. Перечислите требования, предъявляемые к осушителям.

18. Изложите основные правила работы с агрессивными и легковоспламеняющимися веществами.

19. Каким образом получают в лаборатории метан?

20. Приведите реакцию галогенирования алканов. Каков механизм этой реакции?

21. Происходит ли бромирование метана, гексана при действии на них бромной воды?

22. Как получают алкены и алкины в лабораторных условиях?

23. Какие продукты образуются при бромировании этилена, ацетиленов?

24. Как осуществляется окисление этилена перманганатом калия?

25. Объясните причину подвижности атома водорода в молекуле ацетиленов. С помощью каких реакций можно обнаружить подвижный атом водорода?

26. Сформулируйте правила ориентации в ароматическом ряду.

27. Почему толуол нитруется легче, чем бензол?

28. Каков механизм реакции нитрования ароматических соединений?

29. Почему нитрование фенола концентрированной азотной кислотой приводит к образованию 2,4,6-тринитрофенола?

30. Каков механизм реакции сульфирования бензола?
31. Что легче сульфируется: бензол, толуол или нитробензол?
32. Напишите уравнения реакций гидролиза водным раствором гидроксида натрия следующих соединений: а) 2-хлорбутана; б) 2-хлор-2-метилпентана; в) 1-хлорпропана.
33. Какие спирты получатся в результате следующих реакций: щелочного гидролиза хлористого пропила; гидратации изобутилена; восстановления масляного альдегида? Напишите реакции.
34. Какие соединения – спирты или фенолы – обладают более кислыми свойствами?
35. Как влияет увеличение гидроксильных групп в молекуле (например, в глицерине) на кислый характер многоатомных спиртов?
36. Что получается при окислении первичных, вторичных, третичных спиртов?
37. Каково строение карбонильной группы?
38. Какие реакции характерны для альдегидов и кетонов?
39. Что получается при окислении альдегидов?
40. Каково строение карбоксильной группы?
41. К какому классу соединений относятся жиры, мыла?
42. Что получается при гидролизе жира, мыла? В каких условиях проходит гидролиз сложных эфиров?
43. Как определяется класс аминов?
44. Почему ароматические амины проявляют менее выраженный основной характер?

## 8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хаханина, Т. И. Органическая химия.: учебное пособие для СПО / Хаханина Т. И., Осипенкова Н. Г.. – Москва : Юрайт, 2021. – 396 с. – URL: <https://urait.ru/book/organicheskaya-himiya-468374> – Текст : электронный.
2. Каминский, В. А. Органическая химия в 2 ч. часть 2: учебник для СПО / Каминский В. А.. – Москва : Юрайт, 2020. – 314 с. – URL: <https://urait.ru/book/organicheskaya-himiya-v-2-ch-chast-2-453152> – Текст : электронный.
3. Никольский, А. Б. Химия: учебник и практикум для СПО / Никольский А. Б., Суворов А. В.. – Москва : Юрайт, 2021. – 507 с. – URL: <https://urait.ru/book/himiya-471399> – Текст : электронный.
4. Тупикин, Е. И. Химия. в 2 ч. часть 2. Органическая химия: учебник для СПО / Тупикин Е. И.. – Москва : Юрайт, 2020. – 197 с. – URL: <https://urait.ru/book/himiya-v-2-ch-chast-2-organicheskaya-himiya-452786> – Текст : электронный.
5. Каминский, В. А. Органическая химия : тестовые задания, задачи, вопросы: учебное пособие для СПО / Каминский В. А.. – Москва : Юрайт, 2020. – 289 с. – URL: <https://urait.ru/book/organicheskaya-himiya-testovye-zadaniya-zadachi-voprosy-453154> – Текст : электронный.