

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина

Л.В. Зиновьева, Е.Е. Янченко

ПРАКТИКУМ

по дисциплине **«ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
И ХИМИИ НЕФТИ И ГАЗА»**

для студентов, обучающихся по направлениям 38.03.01 «Экономика»
и 38.03.02 «Менеджмент»

Учебное пособие

Москва, 2014 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский государственный университет нефти и газа
имени И.М. Губкина

Кафедра органической химии и химии нефти

Л.В. Зиновьева, Е.Е. Янченко

ПРАКТИКУМ

по дисциплине **«ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
И ХИМИИ НЕФТИ И ГАЗА»**

для студентов, обучающихся по направлениям 38.03.01 «Экономика»
и 38.03.02 «Менеджмент»

Учебное пособие

Под редакцией проф. *В.Н. Кошелева*

Москва, 2014

УДК 547

Зиновьева Л.В., Янченко Е.Е. Практикум по дисциплине «Основы органической химии и химии нефти и газа». – М.: РГУ нефти и газа, 2014. - 66 с.

В пособии изложены основные теоретические сведения по органической химии и химии нефти и газа, необходимые студентам, обучающимся на факультете экономики и управления и вечернем факультете (в группах того же направления) для дальнейшего изучения некоторых специальных дисциплин в вузе нефтяного профиля. В пособии приводится описание пяти лабораторных работ, во время выполнения которых студенты проводят атмосферную перегонку нефти, которая является основным методом ее переработки, а также на практике знакомятся с характерными реакциями углеводородов и других классов органических соединений, с индивидуальными особенностями их важнейших представителей, самостоятельно получают на базе органических соединений некоторые практически важные вещества.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 38.03.01- «Экономика» и 38.03.02 - «Менеджмент».

Издание подготовлено на кафедре органической химии и химии нефти.

Рецензент - к.т.н., доцент О.А.Столос

Российский государственный университет нефти и газа
имени И.М. Губкина, 2014.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
1. Введение.....	5
2. Техника безопасности при проведении лабораторных работ малого практикума по органической химии.....	6
3. <i>Лабораторная работа № 1. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ</i>	9
4. <i>Лабораторная работа № 2. ПЕРВИЧНАЯ ПЕРЕГОНКА НЕФТИ</i>	14
5. <i>Лабораторная работа № 3. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДОВ</i>	20
6. <i>Лабораторная работа № 4. КИСЛОРОД- И АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ. ГЕТЕРОАТОМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НЕФТЕЙ</i>	34
7. <i>Лабораторная работа № 5. ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРАКТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ</i>	54
8. Литература.....	65

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Основы органической химии и химии нефти и газа» для студентов факультета экономики и управления РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, а также студентов вечернего факультета, обучающихся по программам 38.03.01 «Экономика» и 38.03.02 «Менеджмент», является базой для последующего изучения ими некоторых специальных дисциплин (например, «технологии переработки нефти»). Курс состоит из лекционного (теоретического) материала и так называемого «малого практикума», во время которого студенты практически знакомятся с методикой, приемами работы с органическими соединениями, из которых в основном и состоит нефть.

Лабораторные работы обращают внимание студентов на фактические свойства органических соединений: растворимость, горючесть, характер пламени, температуру кипения и температуру плавления и др. Студенты проводят опыты, демонстрирующие основные химические свойства изучаемых органических соединений, отдельные методы их получения.

Специальная лабораторная работа знакомит студентов с процессом первичной перегонки нефти.

Практическая реализация основных положений органической химии и химии нефти и газа, излагаемых в лекционном курсе, повышает интерес студентов к предмету, помогает им в дальнейшем использовать полученные знания в решении проблем, возникающих при организации поиска, добычи, транспорта и переработки нефти и газа, где знание основных свойств органических соединений необходимо.

К выполнению практических работ можно приступать только после изучения техники безопасной работы в химической лаборатории и предварительного ознакомления с теорией по теме работы.

**ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ МАЛОГО ПРАКТИКУМА ПО дисциплине
«ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ХИМИИ НЕФТИ И ГАЗА»**

1. Лабораторные работы малого практикума студенты проводят небольшими группами по 2-4 человека на постоянном рабочем месте (часть химического стола). Предварительно со студентами проводится инструктаж по правилам работы в лаборатории и технике безопасности.

2. Лабораторные работы необходимо выполнять одетым в халат (или рабочую куртку). На рабочем месте необходимо соблюдать чистоту и порядок.

3. При проведении лабораторных работ следует соблюдать тишину, не допускать толкучки.

4. При работе следует бережно и аккуратно обращаться с посудой, приборами и оборудованием. По окончании опытов рабочее место необходимо привести в порядок.

5. К каждой лабораторной работе студент может приступить, предварительно ознакомившись с ее содержанием и законспектировав ее в рабочую тетрадь.

6. При работе с применением легковоспламеняющихся жидкостей (этиловый спирт, ацетон, эфир, бензин и др.) следует использовать небольшие количества этих веществ, а нагревание проводить на электроплитке с закрытой спиралью.

7. При использовании металлического натрия следует соблюдать особую осторожность. Основные положения при этом:

- хранить металлический натрий под слоем керосина, толуола или другой неводной, нелегко воспламеняющейся жидкости;
 - не брать натрий руками; применять для этого пинцеты или щипцы;
 - нарезать металлический натрий нужно на сухой фильтровальной бумаге, предварительно очистив его от окисной пленки;
 - неиспользованные мелкие кусочки натрия и отходы (пленки) ни в коем случае не бросать в раковину или мусорное ведро, а отдать лаборанту (для последующего "гашения" в спирте).
8. При работе с концентрированными кислотами и едкими щелочами не допускать попадания их на кожу. Особенно беречь глаза.
- при ожогах кислотами необходимо промыть обожженное место большим количеством воды под краном, а затем нейтрализовать 3% раствором соды (готовый раствор имеется у лаборанта в аптечке); при попадании кислоты в глаза - промыть глаза водой, а затем 3 % раствором гидрокарбоната натрия;
 - при ожогах щелочами сразу же промыть пораженное место большим количеством воды под краном, а затем 1%-м раствором уксусной кислоты (раствор у лаборанта); при попадании щелочи в глаза – немедленно промыть глаза водой, а затем разбавленным раствором борной кислоты.
9. При попадании на кожу разъедающего органического вещества (фенол и др.) или брома, промывание водой малоэффективно. Следует быстро промыть пораженное место спиртом.
10. По окончании работы запрещено выливать в раковину остатки огнеопасных, сильно пахнущих веществ, а также кислот и щелочей. Для слива этих веществ следует использовать

находящиеся в вытяжном шкафу специальные сосуды с этикетками: "Слив органики", «Слив кислот", "Слив щелочей".

11. При возникновении пожара следует:

- немедленно выключить газ по всей лаборатории и все электроприборы;
- убрать горючие вещества подальше от огня;
- накрыть асбестовым одеялом, кошмой очаг пожара;
- большое пламя тушить огнетушителем;
- загоревшуюся одежду накрыть одеялом (кошмой);

12. Первая помощь при травмах:

- при порезах стеклом обязательно удалить осколки стекла из раны, смазать края раны йодом и перевязать; при кровотечении внести непосредственно в рану 3%-ный раствор пероксида водорода, сверху наложить стерильную салфетку и плотно перевязать;
- при термических ожогах сделать примочку раствором перманганата калия (готовый раствор у лаборанта) или этиловым спиртом; затем смазать обожженное место мазью от ожогов;
- при работе с электроприборами необходимо исключить возможность соприкосновения с оголенными электропроводами или клеммами; работать только сухими руками; при попадании под напряжение – отключить общий рубильник. Пострадавшему обеспечить полный покой и приток свежего воздуха.

При всех случаях травм, ожогов и отравлений после оказания первой помощи следует обратиться к врачу.

*Лабораторная работа № 1***КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ**

Органическая химия - это химия углеводов и их производных.

В состав углеводов входят элементы углерод и водород. В составе производных углеводов кроме углерода и водорода могут содержаться кислород, азот, сера, галогены и другие элементы.

Для обнаружения в составе органического соединения тех или иных элементов требуется разрушение его молекулы и перевод составляющих его элементов в простейшие соединения.

Анализ элементного состава может проводиться как качественное определение элементов, входящих в состав органических соединений (С, Н, О, N, S, Cl), так и количественное, показывающее процентное содержание каждого элемента в анализируемом органическом соединении.

Присутствие тех или иных элементов в органическом соединении может быть обнаружено различными методами качественного анализа.

Качественное определение углерода и водорода основано на сжигании органических веществ. При этом углерод окисляется до двуокиси углерода, а водород – до воды.

Образующийся углекислый газ улавливается бариевой или кальциевой водой. Вода обнаруживается по появлению капель на холодных стенках пробирки или по изменению окраски (посинение) прокаленного белого порошка медного купороса.

Для обнаружения азота, серы и галогенов в органических соединениях их полностью разрушают прокаливанием в присутствии активных металлов (металлического натрия). При этом азот частично образует с углеродом и натрием цианистую соль, которую легко обнаружить качественно по образованию комплексного цианида –

берлинской лазури. Сера и галогены переходят в неорганические соли (сульфиды и хлориды).

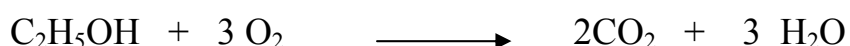
Сернистый натрий с нитропруссидом натрия дает малиновое окрашивание, а с азотнокислым свинцом - черный осадок (или темно-коричневую окраску).

Галогены можно обнаружить качественной пробой Бейльштейна по изменению окраски пламени при внесении медной проволоки с пробой анализируемого вещества в пламя газовой горелки, что объясняется образованием летучих при высокой температуре галогенидов меди. Эта проба чувствительна даже на присутствие следов галогена в органических соединениях.

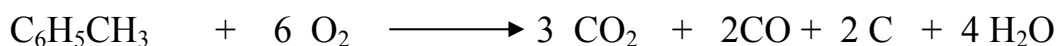
Некоторое представление о химической природе вещества может дать его поведение при горении. Сильно коптящее пламя горящих паров вещества указывает на высокое содержание углерода. В большинстве случаев органические вещества горят и легко воспламеняются.

Опыт 1. Горение толуола и спирта

В фарфоровую чашечку наливают ≈ 1 мл этилового спирта и поджигают. Спирт горит почти бесцветным пламенем:

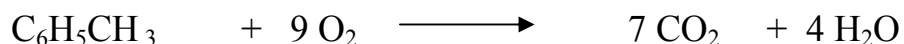


В другую фарфоровую чашечку помещают ≈ 1 мл толуола. При поджигании толуол горит коптящим пламенем. При внесении в пламя стеклянной пластинки или палочки на них образуется слой копоти:



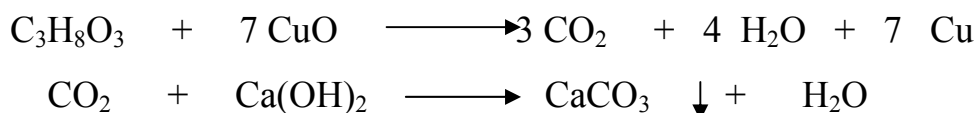
Таким образом, по характеру горения можно сделать вывод о том, что %-ое содержание углерода в толуоле выше, чем в спирте.

Следует иметь в виду, что при горении толуола в избытке кислорода весь углерод окисляется до двуокиси углерода:



Опыт 2. Обнаружение углерода и водорода в глицерине

В сухую пробирку, закрытую пробкой с газоотводной трубкой, помещают 0,2 г оксида меди (II) (CuO) и 2-3 капли глицерина. Пробирку со смесью осторожно нагревают, конец газоотводной трубки вводят в другую пробирку, содержащую известковую воду (раствор Ca(OH)_2) или баритовую воду (раствор Ba(OH)_2), так, чтобы конец трубки был опущен в жидкость. Углекислый газ легко обнаруживается по появлению осадка малорастворимого углекислого кальция или бария. Образование воды наблюдается по появлению капель на холодных стенках пробирки и трубки:



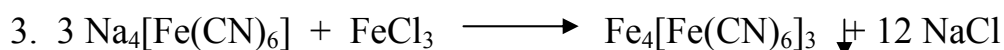
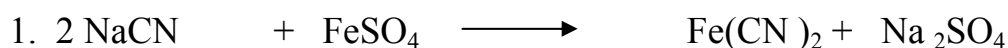
Опыт 3. Качественное определение азота и серы

В пробирку помещают исследуемое органическое вещество, содержащее азот и серу (обычно для этой цели используют войлок), и небольшой кусочек металлического натрия. Пробирку прокаливают до прекращения выделения газообразных веществ. При этом разрушается структура органического соединения и все входящие в органическое соединение элементы образуют с натрием водорастворимые соли. Горячую пробирку быстро опускают в фарфоровый стаканчик с 5-6 мл воды так, чтобы пробирка лопнула и содержимое ее перешло в раствор.

Раствор отфильтровывают через фильтр и делят его на 3 части (в 3 пробирки).

а) Проба на азот.

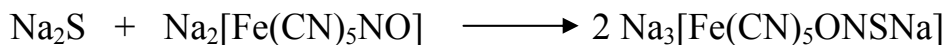
Берут 1-2 мл полученной жидкости, затем добавляют 4-5 капель раствора FeSO_4 и кипятят 1 мин на пламени горелки, охлаждают, подкисляют разбавленной соляной кислотой и прикапывают раствор хлорного железа FeCl_3 . Образование синего осадка берлинской лазури указывает, что исходное вещество содержит азот:



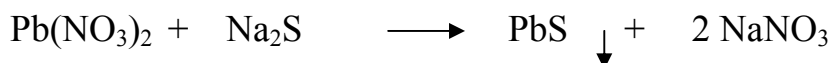
б) Проба на серу

Ко второй части отфильтрованного раствора прибавляют 1 каплю раствора нитропруссиды натрия.

Появление ярко-фиолетового окрашивания указывает на наличие серы:



в) Присутствие серы можно также определить прибавлением нескольких капель исследуемой жидкости к раствору ≈ 1 мл нитрата свинца (II) в растворе едкого натра. При этом образуется темно-коричневый или черный осадок (**PbS**) сульфида свинца (II):



Опыт 4. Определение галогенов.

Медную проволочку (предварительно хорошо прокаленную) опускают в исследуемое вещество и снова вносят в пламя горелки. В присутствии галогенов пламя принимает зеленую окраску, что объясняется образованием летучих при высокой температуре галогенидов меди. Проба очень чувствительна даже на следы галогена в соединении.

Этот способ качественного обнаружения галогена в органическом веществе был предложен в 1872 году русским академиком Федором Федоровичем Бейльштейном и получил название “проба Бейльштейна”.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что изучает органическая химия?
2. Для чего служит качественный анализ органических соединений?
3. Какие элементы могут входить в состав органического соединения?
4. Назовите элементы, встречающиеся в органических соединениях в наибольших количествах.
5. Напишите уравнения реакций горения метана и пропана на воздухе.
6. Напишите уравнения реакций горения этилового спирта и бензола, этилового спирта и толуола на воздухе.
Какова разница в характере горения?
7. Напишите схемы реакций полного горения бензола и толуола при избытке кислорода.
8. Как можно качественно определить наличие углерода (С) и водорода (Н) в органическом соединении? В какие оксиды их сначала переводят? Какую нерастворимую в воде соль затем получают? Напишите схемы соответствующих реакций.
9. Напишите схему реакции, проходящей при взаимодействии металлического натрия с водой. Чем опасны получаемые вещества?
10. Опишите суть качественной реакции на присутствие азота в органическом соединении.
11. Опишите суть качественных реакций на обнаружение серы в органическом соединении (реакции с нитропруссидом натрия и нитратом свинца)
12. Какой элемент может быть быстро качественно определен с помощью пробы Бейльштейна? В чем заключается данная реакция?

*Лабораторная работа № 2***ПЕРВИЧНАЯ ПЕРЕГОНКА НЕФТИ***Введение.*

Наиболее важными источниками углеводородов являются нефть и горючие (природные и попутные) газы.

Природными называются газы, образующие самостоятельное месторождение. Главным компонентом их является метан (до 96-98%).

Попутными называются газы, сопровождающие нефть при её добыче. Наряду с метаном (содержание до 70 %) в них содержатся также этан, пропан, бутан и пары низкомолекулярных жидких углеводородов.

Следует отметить, что в состав и природных, и попутных газов входят наряду с углеводородами, некоторые неорганические газы – например, азот, сероводород, гелий, углекислый газ и др.

Нефть представляет собой сложную смесь органических веществ, главным образом, углеводородов. Все нефти содержат метановые углеводороды (алканы), нафтеновые (циклоалканы) и ароматические углеводороды (арены). Количественное содержание этих углеводородов в различных нефтях неодинаково и также зависит от месторождения. Кроме того, в нефтях имеются в небольших количествах органические соединения, содержащие кислород, серу, азот. В нефти также содержатся минеральные вещества в виде различных солей. В небольших количествах в нефти могут быть растворены углеводородные газы.

Перегонка нефти – процесс разделения ее на фракции по температурам кипения (отсюда термин «фракционирование») – лежит в основе переработки нефти и получения при этом моторного топлива, смазочных масел и различных других ценных химических продуктов. Первичная перегонка нефти является первой стадией изучения ее химического состава.

Основные фракции, выделяемые при первичной перегонке нефти:

1. Бензиновая фракция – нефтяной погон с температурой кипения от н.к. (начала кипения, индивидуального для каждой нефти) до 150-205 °С (в зависимости от технологической цели получения авто-, авиа-, или другого специального бензина).

Эта фракция представляет собой смесь алканов, нафтенов и ароматических углеводородов. Во всех этих углеводородах содержится от 5 до 10 атомов С.

2. Керосиновая фракция – нефтяной погон с температурой кипения от 150-180 °С до 270-280 °С. В этой фракции содержатся углеводороды C₁₀-C₁₅, представляющие собой алканы, нафтены и арены с большей молекулярной массой, чем в бензиновой фракции, а также начинают появляться углеводороды смешанного строения.

Фракция используется в качестве моторного топлива (тракторный керосин, компонент дизельного топлива), для бытовых нужд (осветительный керосин) и др.

3. Газойлевая фракция – температура кипения от 270-280 °С до 320-350 °С. В этой фракции содержатся углеводороды C₁₅-C₂₀ – алканы, арены, нафтены и углеводороды смешанного строения. Используется в качестве дизельного топлива.

4. Мазут – остаток после отгона выше перечисленных фракций с температурой кипения выше 320-350 °С.

Мазут может использоваться как котельное топливо, или подвергаться дальнейшей переработке – либо перегонке при пониженном давлении (в вакууме) с отбором масляных фракций или широкой фракции вакуумного газойля, либо крекингу. Вакуумный газойль, в свою очередь, служит сырьем для каталитического крекинга с целью получения высокооктанового компонента бензина

5. Гудрон - почти твердый остаток после отгона от мазута в вакууме масляных фракций. Из него получают так называемые остаточные масла и

битум, из которого путем окисления получают асфальт, используемый при строительстве дорог и т.п. Из гудрона и других остатков вторичного происхождения может быть получен путем коксования кокс, применяемый в металлургической промышленности.

Порядок выполнения работы.

В колбу Вюрца объемом 100 мл наливают 50 мл сырой нефти. Колбу закрывают пробкой с термометром и соединяют через прямой холодильник и алонж с приемником (как показано на рис. 1).

Массу взятой нефти вычисляют по формуле $m=V \cdot \rho$, где V -объем нефти, а ρ - ее плотность. Приемниками (сменными) служат 3 плоскодонные колбочки, предварительно взвешенные.

Колбу Вюрца с нефтью осторожно нагревают на песчаной бане, или на асбестовой сетке, или на воронке Бобо.

Начало кипения (н.к.) первой фракции фиксируют по температуре поступления первой капли бензина в приемник, после чего отбирают фракцию, выкипающую до 180°C . При отборе этой фракции по достижении температуры 135°C прекращают подачу воды в холодильник. При достижении температуры 180°C меняют колбу I- I приемник и отбирают керосиновую фракцию с температурой кипения $180\text{-}270^{\circ}\text{C}$, а затем снова, сменив приемник, отбирают газойлевую фракцию ($270\text{-}320^{\circ}\text{C}$, или $270\text{-}350^{\circ}\text{C}$).

Приемники с отобранными фракциями взвешивают и по разности масс колбы с продуктом и пустой колбы вычисляют массу каждой фракции. С помощью цилиндров определяют объем каждой фракции и вычисляют их плотность. Убеждаются, что плотность фракций растет с увеличением температуры их кипения.

Затем бензиновые фракции со всех установок сливают в один мерный цилиндр, керосиновые - в другой, а газойлевые – в третий, и

определяют экспериментально плотность каждой фракции с помощью ареометров. Эти данные сравнивают с вычисленными. Рассчитывают объемный и весовой выход каждой фракции, в соответствии с количеством исходной нефти, равной 100%. Все полученные результаты вносят в табл.1.

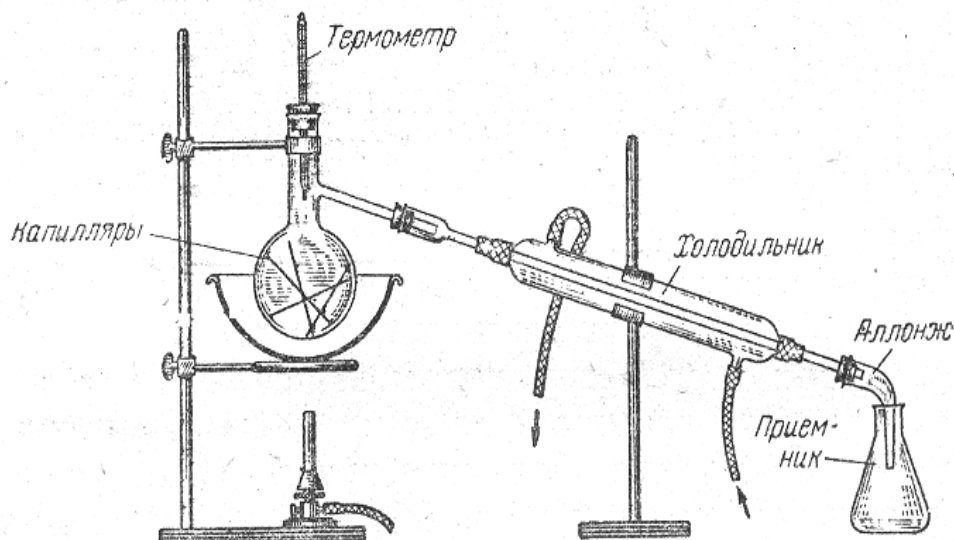


Рис. 1. Прибор для перегонки нефти.

Таблица 1.

Материальный баланс фракционной перегонки нефти

Название Продукта	Пределы кипения фракции, °С	Объем, см ³	Масса, г	Плотность, ρ		Выход фракции, %	
				вычис.	эксп.	объемн.	весов.
Всего взято: Нефть		50,0				100,0	100,0
Получено: 1. Бензиновая фракция 2. Керосиновая фракция 3. Газойлевая фракция 4. Мазут + потери (по разности)	н.к. - 180 °С 180 - 270 °С 270 - 320 °С > 320 °С						
Всего получено:		50,0				100,0	100,0

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение понятию «природный газ». Охарактеризуйте состав природного газа.
2. Дайте определение понятию «попутный газ». Охарактеризуйте состав попутного газа.
3. Какой газ является основным углеводородным газом, содержащимся в природном газе? Какой ценный неорганический газ может содержаться в природном газе?
4. Какие углеводородные и неуглеводородные газы (и в каком количестве) могут входить в состав природного газа?
5. Что такое перегонка нефти?
6. Чем определяется, от чего зависит температура начала кипения фракции?
7. На какие фракции разделяют нефть при атмосферной перегонке? Назовите их, приведите температуры их выкипания.
8. Как давление влияет на температуру кипения органических веществ?
9. Опишите (или нарисуйте) прибор для перегонки нефти.
10. При перегонке какой фракции необходимо использовать холодильник с водяным охлаждением? При какой температуре подачу воды в холодильник можно прекратить?
11. Какую фракцию нефти не перегоняют при атмосферном давлении, а используют вакуумную перегонку? Почему используется пониженное давление?
12. В каких пределах может изменяться плотность нефти?
13. Как изменяется плотность фракций, получаемых при перегонке нефти, в зависимости от температуры их кипения?
14. Какими двумя методами можно определить плотность нефтепродукта?
15. Какие типы углеводородов входят в состав бензиновой фракции, керосиновой фракции, газойлевой фракции? Приведите примеры этих типов углеводородов.
16. Какие типы углеводородов входят в состав масляных фракций? Приведите пример.
17. В какой фракции, получаемой при перегонке нефти, содержатся толуол и ксилолы (диметилбензолы)?
18. В какой из фракций содержатся углеводороды C_8H_{18} ? C_6H_6 ? $C_6H_5 - C_2H_5$?
19. Какие фракции нефтей называют светлыми нефтепродуктами? Приведите их пределы выкипания.
20. Расскажите об использовании:
 - а) бензиновой фракции; б) керосиновой фракции; в) газойлевой фракции;

г) мазута; д) гудрона; е) битума.

21. Как вычисляют объемный (или массовый) выход любой фракции при перегонке?

22. При перегонке 100 мл нефти плотностью 0.800 г/см^3 получено 20 мл бензиновой фракции плотностью 0.750 г/см^3 . Рассчитайте объемный и массовый выход бензиновой фракции.

23. Что такое мазут, каковы направления его использования.

24. Что такое гудрон и какие продукты можно из него получить?

25. Какой товарный продукт получают при окислении гудрона?

26. Сопоставьте внешний вид и физические свойства нефти и мазута.

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДОВ

(алканы, алкены, алкины, арены)

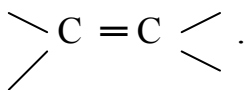
Углеводороды - соединения, состоящие из углерода и водорода, являющиеся родоначальниками всех других классов органических соединений.

Углеводороды могут отличаться как строением углеродного скелета, так и характером С-С – связей.

Алканы (предельные, насыщенные углеводороды) - соединения, в молекулах которых атомы углерода связаны между собой одинарной связью, а все остальные валентности насыщены атомами водорода. Они образуют гомологический ряд с общей формулой C_nH_{2n+2} и имеют сходное строение и химические свойства.

Предельные углеводороды в природе наряду с углеводородами других рядов (циклопарафинами и ароматическими) входят в состав нефтей. Низшие представители находятся в природном (метан) и попутном (метан, этан, пропан, бутаны) газах.

Углеводороды с двойной связью - **алкены** (этиленовые) характеризуются наличием в их молекуле двойной связи между углеродными атомами



Этиленовые углеводороды образуют гомологический ряд с общей формулой C_nH_{2n} .

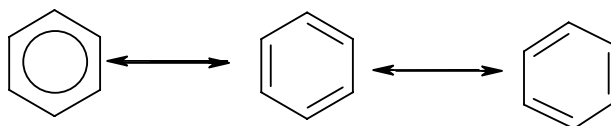
Основной источник этиленовых углеводородов - продукты нефтепереработки (термического и каталитического крекинга и пиролиза).

Углеводороды с тройной связью - **алкины** (ацетиленовые) - непредельные углеводороды, в молекулах которых имеется тройная связь между углеродными атомами – $C \equiv C$ –.

Простейшим представителем этого ряда является ацетилен состава C_2H_2 .

Общая формула гомологического ряда - C_nH_{2n-2} .

Ароматическими углеводородами называются соединения, в молекулах которых имеется особая циклическая группировка из шести углеродных атомов - *бензольное кольцо*. Простейшее вещество, содержащее такую группировку - бензол; все остальные ароматические соединения рассматриваются как его производные. Бензол имеет состав C_6H_6 , общая формула его простейших гомологов - C_nH_{2n-6} . Структурная формула бензола:



По своему составу, казалось бы, бензол представляет сильно непредельное соединение. Однако, он не дает характерных реакций для непредельных соединений (не обесцвечивает бромную воду и раствор марганцовокислого калия), и в обычных условиях не склонен к реакциям присоединения.

Характерные реакции для ароматических углеводородов - реакции замещения водорода в бензольном кольце: сульфирование, нитрование, галогенирование, алкилирование, ацилирование.

Атомы углерода в бензольном кольце равноценны, поэтому не имеет значения, при каком из них произошло замещение водорода.

Однако, если в молекуле арена уже имеется заместитель, то следующий заместитель вступает не в любое, а в строго определенное положение по отношению к первому.

С этой точки зрения все заместители делятся на две большие группы.

Ориентанты (заместители) **первого рода** - облегчают реакции замещения (кроме галогенов), посылают следующий заместитель в **орто-** (1,2-) и **пара-** (1,4) положения по отношению к первому (т.е. уже имеющемуся).

Это: Alk - (CH₃-, CH₃-CH₂-, C₃H₇- и т.п.)

-OH

-NH₂

-Hal (-Cl, -Br)

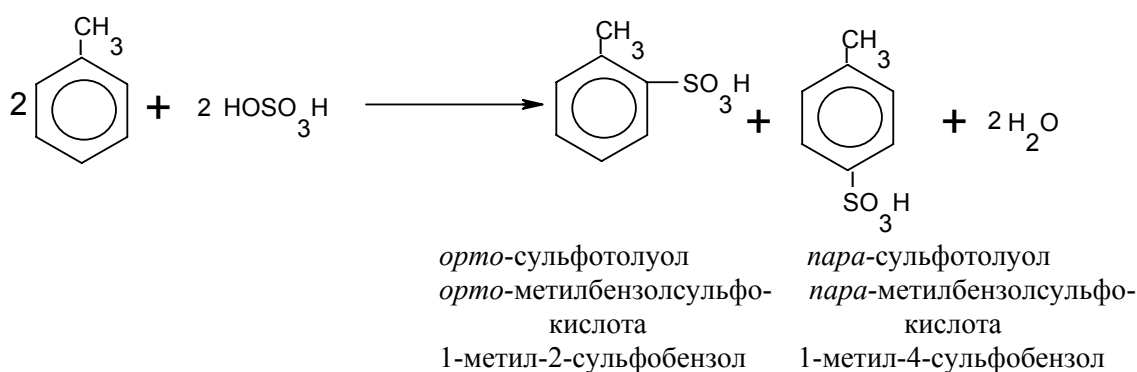
Ориентанты II рода - затрудняют реакции замещения, посылают следующий заместитель в **мета-** (1,3) положение по отношению к уже имеющемуся.

Это:

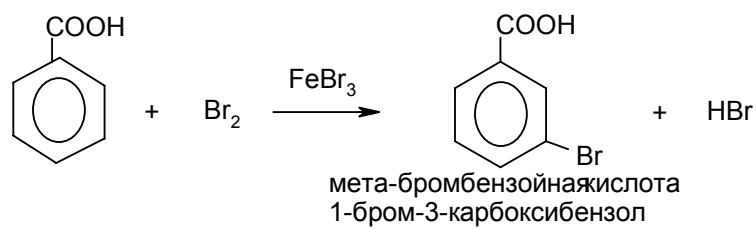


Примеры:

1. Сульфирование толуола

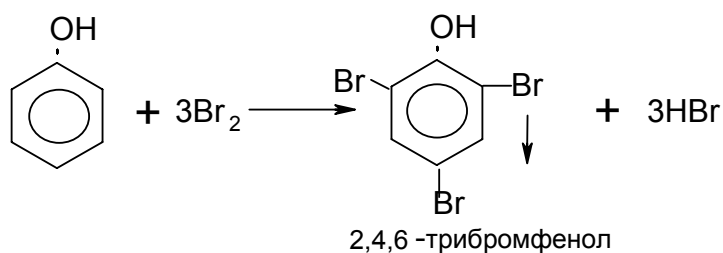


2. Бромирование бензойной кислоты

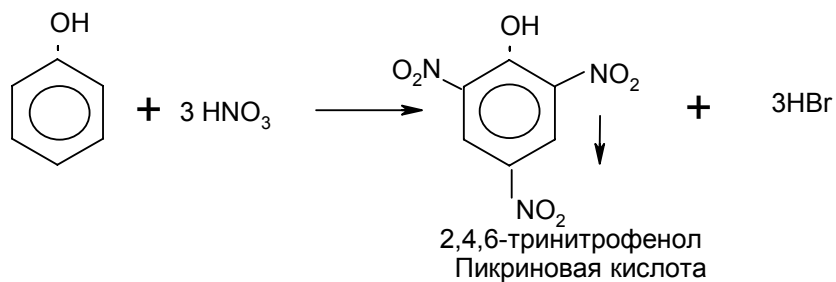


Некоторые специфические реакции.

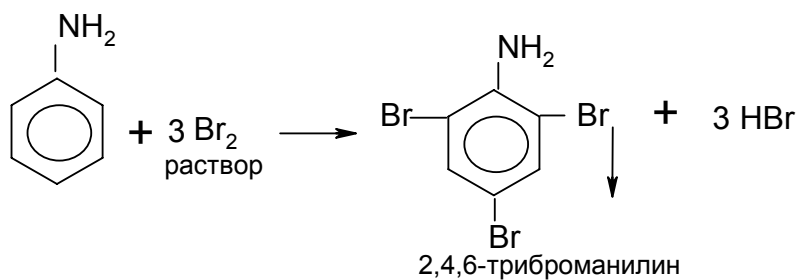
1. Бромирование фенола



2. Нитрование фенола

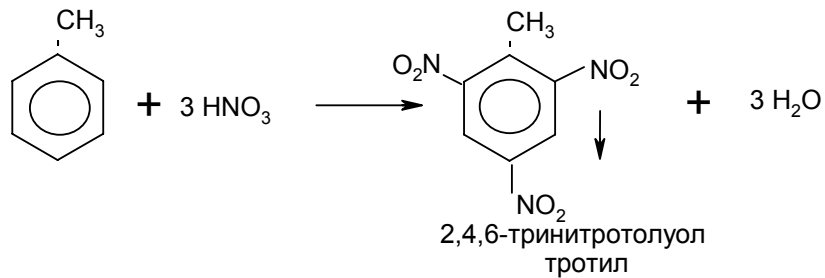


3. Бромирование анилина

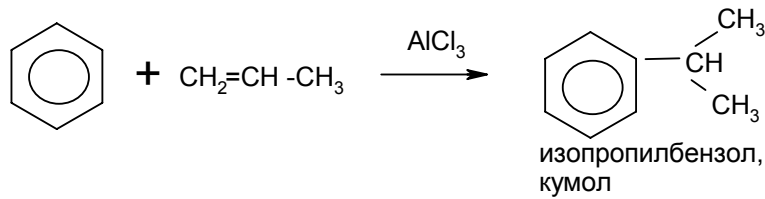


Таким образом, группы $-\text{OH}$ и $-\text{NH}_2$ являются сильнейшими ориентантами I рода, активируют сразу три (два *орто*- и *пара*-) положения в бензольном кольце.

4. Нитрование толуола



5. Алкилирование бензола пропиленом



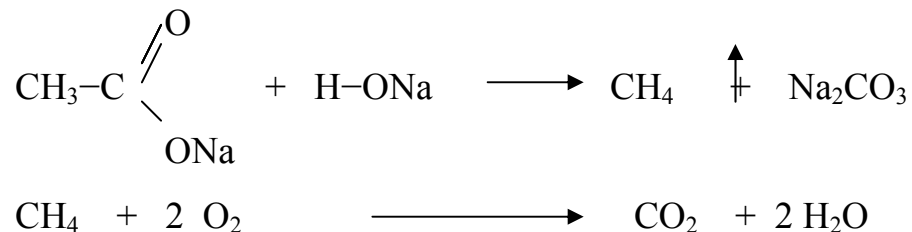
Основными природными источниками получения ароматических углеводородов являются нефть и каменноугольная смола.

АЛКАНЫ

Опыт 1. Получение и горение метана

В ступке растирают одну часть ацетата натрия с двумя частями натронной извести. (Натронная известь представляет собой смесь Ca(OH)_2 и NaOH). Смесь пересыпают в сухую пробирку с газоотводной трубкой и нагревают.

Поджигают выделяющийся из трубки метан. Он спокойно горит голубоватым пламенем:



Опыт 2. Химические свойства гексана

Гексан представляет собой бесцветную прозрачную жидкость с характерным запахом. Температура кипения $68,7^{\circ}\text{C}$, $\rho_4^{25} = 0,6548$.

а) Отношение к кислотам и щелочам

В две пробирки наливают по 1 мл гексана. В первую вносят 0,5 мл конц. H_2SO_4 , во вторую - 0,5 мл раствора NaOH . Пробирки встряхивают, отмечают отсутствие в них каких-либо внешних изменений.

б) Отношение к окислителям

В пробирку наливают ~ 1 мл гексана. Туда же вносят ~ 1 мл раствора перманганата калия. Встряхивают. Отмечают, что изменений не происходит - реакция не идет.

в) Отношение к галогенам

В пробирку с ~ 1 мл гексана, добавляют $\sim 0,5$ мл бромной воды. Отмечают, что обесцвечивания не происходит - реакция не идет.

Все использованные пробирки с гексаном и указанными реагентами оставляют для следующего опыта.

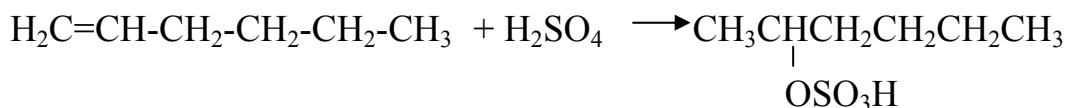
АЛКЕНЫ

Опыт 3. Химические свойства 1-гексена.

Опыты, проведенные с гексаном, проводим с 1-гексеном.

а) Отношение к кислотам

В пробирку от предыдущего опыта, содержащую гексан и конц. серную кислоту, добавляют 1 мл 1-гексена. Осторожно встряхивают пробирку. Наблюдают разогревание содержимого пробирки и постепенное его окрашивание в желтоватый цвет. Это происходит вследствие поглощения алкена серной кислотой - образования алкилсерного эфира:

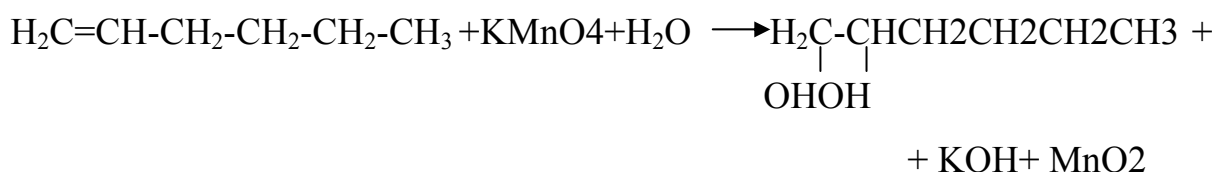


б) *Отношение к щелочам*

В пробирку от предыдущего опыта, содержащую гексан и раствор гидроксида натрия, также добавляют 1 мл 1-гексена. Осторожно встряхивают, однако ни разогрева смеси, ни каких-либо внешних изменений не наблюдают. Следовательно, так же, как и алканы, алкены с щелочами не реагируют.

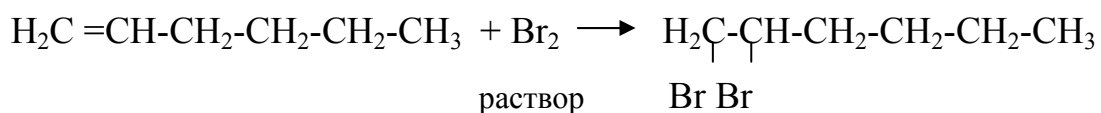
в) *Отношение к окислителям*

В пробирку от предыдущего опыта, содержащую гексан и раствор перманганата калия, вносят 1 мл 1-гексена. Встряхивают. Отмечают быстрое изменение окраски с розово-фиолетовой до светло-бурой, что говорит о протекании реакции окисления 1-гексена.



в) *Отношение к галогенам*

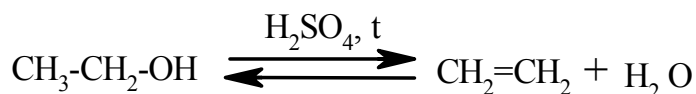
В пробирку от предыдущего опыта, содержащую гексан и водный раствор брома, добавляют ~1мл гексена. Встряхивают пробирку. Наблюдают полное обесцвечивание содержимого пробирки за счет протекания реакции бромирования 1-гексена.



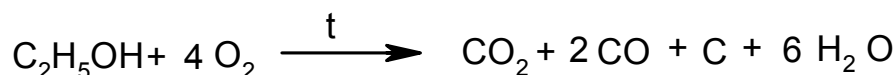
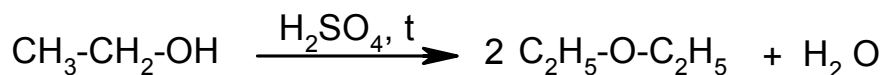
(При проведении реакции с чистым гексеном наличие атомов брома в полученном соединении можно определить пробой Бейльштейна по изменению окраски пламени при внесении в пламя горелки медной проволоки с анализируемым образцом).

Опыт 4. Получение и свойства этилена.

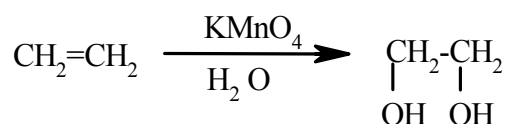
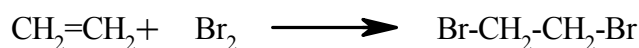
Готовят две пробирки - с бромной водой и с раствором перманганата калия. В третью сухую пробирку с газоотводной трубкой помещают 1 мл этилового спирта и, осторожно взбалтывая, приливают 1 мл концентрированной серной кислоты. В разогревшуюся смесь бросают кипелку и начинают медленно и осторожно нагревать до начала равномерного выделения газа. Реакционная смесь при этом темнеет из-за выделения углерода (в результате побочных процессов):



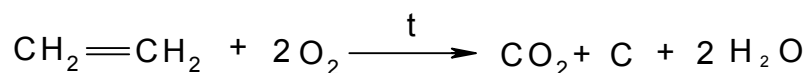
Побочные реакции:



Как только из реакционной пробирки начинает выделяться этилен, газоотводную трубку опускают поочередно в пробирки с бромной водой и перманганатом калия. Наблюдают, как при пропускании газа через приготовленные растворы они постепенно обесцвечиваются (во время опыта полезно время от времени вынимать из пробирок с раствором брома и перманганата калия подводющую газ трубочку и встряхивать пробирку):

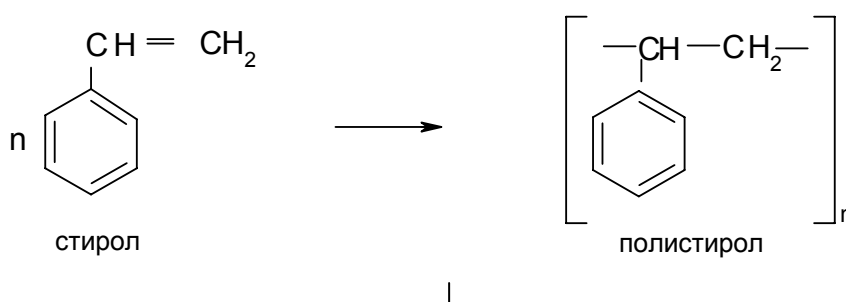


Затем, не прекращая нагревания пробирки со смесью спирта и кислоты, газоотводную трубку поворачивают отверстием вверх и зажигают выделяющийся этилен. На внесенной в пламя этилена фарфоровой чашке появляется черное пятно сажи:



Опыт 5. Полимеризация стирола

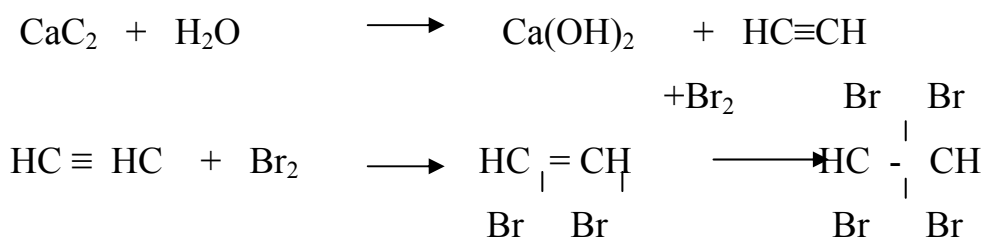
В фарфоровую чашечку помещают ~ 1 мл стирола и добавляют 1-2 капли конц. H_2SO_4 . Постепенно вязкость жидкости повышается вследствие полимеризации стирола, на поверхности фарфоровой чашки образуется глянцевая пленка полистирола:

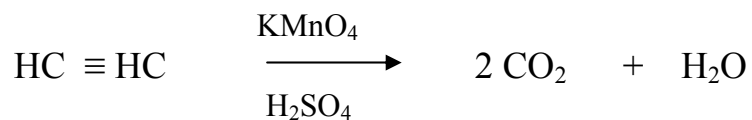


АЛКИНЫ

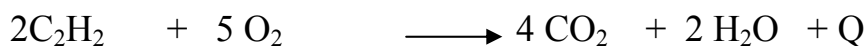
Опыт 6. Получение и свойства ацетилена

В двух пробирках готовят водные растворы брома и перманганата калия (последний слегка подкисляют серной кислотой). В третью сухую пробирку помещают кусочек карбида кальция. Осторожно приливают в эту пробирку 3 мл воды и сразу же закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой. Выделяющийся ацетилен пропускают поочередно через растворы брома и перманганата калия. Отмечают обесцвечивание растворов:





Затем газоотводную трубку переворачивают вверх и зажигают выделяющийся ацетилен. Обращают внимание на яркий цвет пламени.



АРЕНЫ

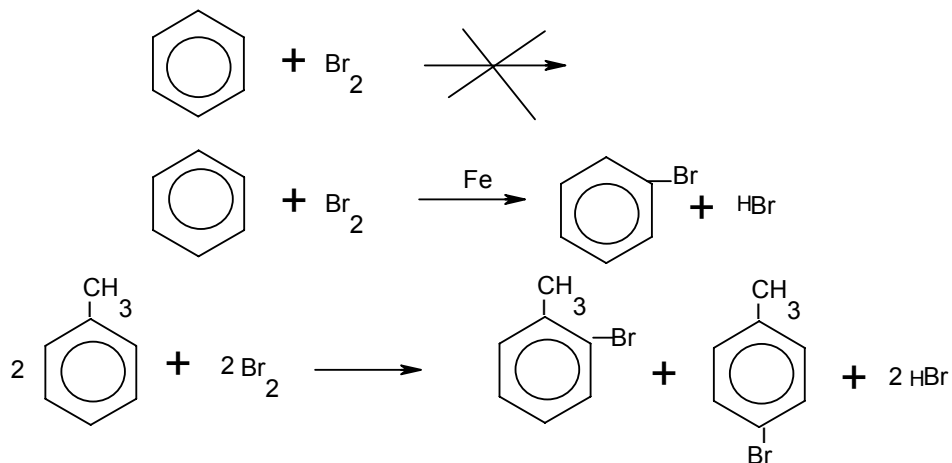
Опыт 7. Бромирование бензола и толуола.

В две пробирки (в одну из них предварительно насыпают немного ~0,5 г железных опилок) помещают по 1 мл бензола, в третью наливают 1 мл толуола.

В каждую из пробирок доливают по 0,5 мл бромной воды и встряхивают. Наблюдают переход брома из воды в бензол и толуол.

Бромирование толуола протекает медленно на холоду, быстрее при нагревании на водяной бане, что видно по скорости исчезновения окраски брома.

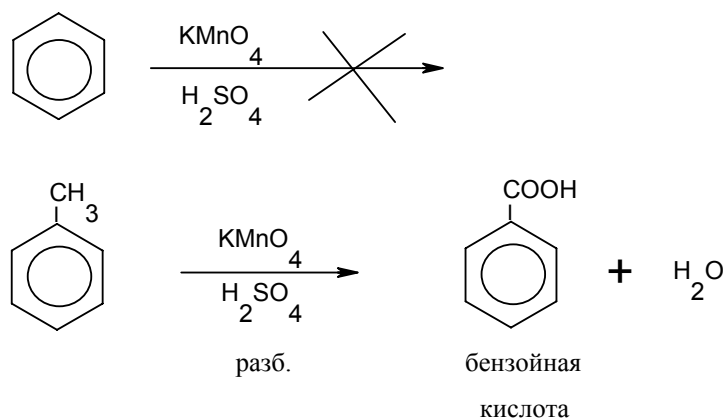
Бромирование бензола происходит только при нагревании на водяной бане в присутствии катализатора. В пробирке с бензолом без катализатора окраска брома не исчезает и при кипячении, реакция не идет.



Опыт 8. Окисление бензола и толуола.

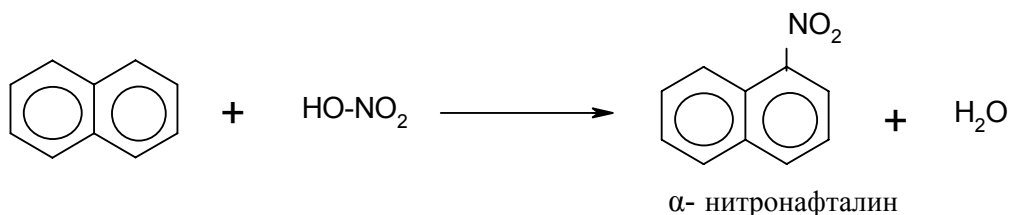
В две пробирки помещают по 1 мл раствора перманганата калия и 4 капли разбавленной серной кислоты и затем добавляют в одну пробирку 2 мл бензола, а в другую – такое же количество толуола. Сильно встряхивают обе пробирки. Наблюдают, что смесь, содержащая бензол, не изменяет окраски, а в пробирке с толуолом розовая окраска постепенно исчезает.

Бензол весьма устойчив к действию окислителей. Гомологи бензола окисляются сравнительно легко с образованием бензойной кислоты:



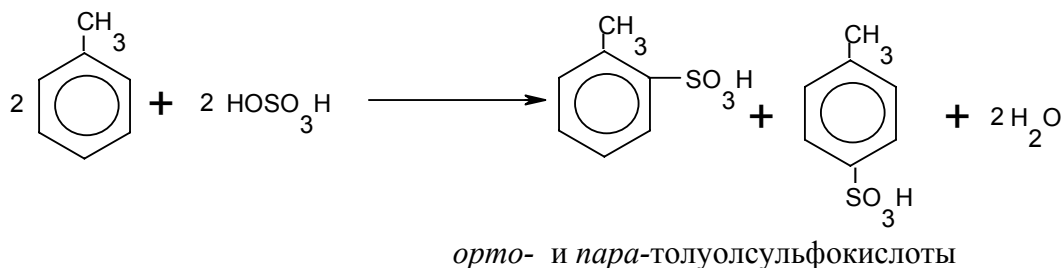
Опыт 9. Нитрование нафталина.

В пробирку с 0,5 г нафталина добавляют 2 мл концентрированной азотной кислоты. При встряхивании смесь начинает желтеть уже при комнатной температуре. Смесь нагревают на кипящей водяной бане 5 мин и выливают в пробирку с холодной водой. α - Нитронафталин выделяется в виде оранжевого масла, быстро твердеющего при встряхивании:



Опыт 10. Сульфирование толуола

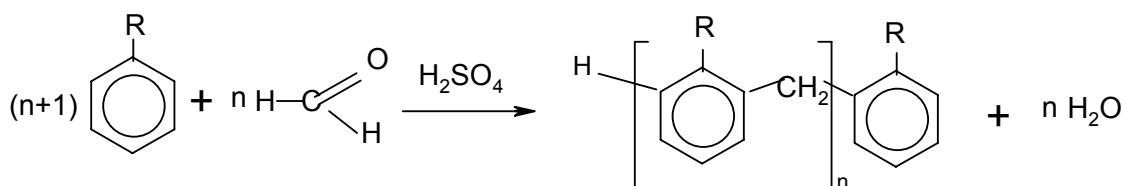
В пробирку наливают 1 мл толуола и добавляют 1 мл концентрированной серной кислоты. Нагревают пробирку на водяной бане, постепенно встряхивая. Наблюдают увеличение кислотного слоя за счет растворившихся в нем *орто*- и *пара*-толуолсульфокилот:



Опыт 11. Конденсация с формалином

(формалитовая реакция – качественная проба на присутствие ароматических соединений)

В фарфоровую чашечку наливают 4 капли концентрированной серной кислоты, затем прибавляют 2 капли формалина и 2-3 капли испытуемого продукта (сначала гексана, затем толуола). При отсутствии ароматических углеводородов смесь остается бесцветной или слегка желтеет. Яркое окрашивание, а часто выделение осадка указывает на наличие ароматических углеводородов. Если реакция получилась неясной, в конце нужно добавить еще 2-3 капли серной кислоты:



Опыт 12. Контрольная задача.

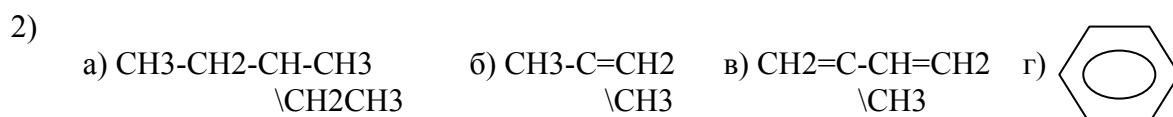
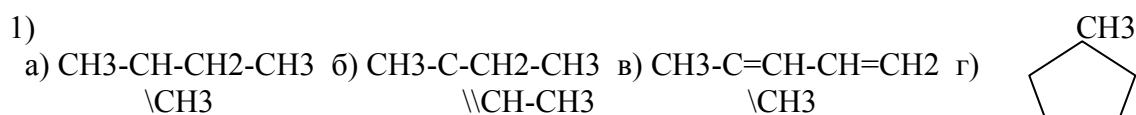
Получают у лаборанта 3 пробирки с веществами - в одной находится гексан, в другой – часть бензиновой фракции, полученной при перегонке нефти в лабораторной работе № 2, а в третьей – крекинг-бензин. Бензин

прямой гонки содержит смесь метановых, нафтеновых и ароматических углеводородов. Крекинг-бензин, помимо этих классов углеводородов, содержит также в небольшом количестве непредельные углеводороды.

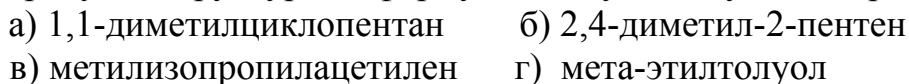
Учитывая разницу в химических свойствах углеводородов различных рядов, определяют, какое вещество находится в каждой пробирке.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите следующие углеводороды:



2. Нарисуйте структурные формулы следующих углеводородов:



3. Напишите схему реакций горения этилена и бензола на воздухе. Можно ли визуально определить, где какое вещество горит?

4. Напишите схему реакции получения метана из ацетата натрия. Реагирует ли метан с бромной водой и раствором перманганата калия?

5. Напишите схемы реакций бромирования этилена, пропилена, ацетилен, метилацетилен, стирола, фенола, анилина, нитробензола, бензола и толуола. Укажите, в каких реакциях необходимо использовать катализатор (и какой)? В чем принципиальная разница между бромированием непредельных и ароматических соединений?

6. Напишите схему реакции сульфирования 1-гексена. Где лучше растворяется получаемый продукт – в исходном углеводороде или исходной кислоте?

7. Напишите схему реакции получения ацетилен из карбида кальция.

8. Напишите схемы реакций гидробромирования этилена, пропилена, ацетилен и метилацетилен.

9. Напишите схему реакции горения ацетилена. В чем особенность горения ацетилена по сравнению, например, с горением этана?
10. Напишите схему реакции бромирования стирола бромной водой.
11. Напишите схему реакции полимеризации изобутилена (2-метил-1-пропена).
12. Напишите схему реакции окисления этилена разбавленным раствором перманганата калия (реакцию Вагнера).
13. Напишите уравнения бромирования этилбензола бромом:
 - А) в присутствии катализатора FeBr_3
 - Б) при облучении
14. Напишите уравнения реакций сульфирования
 - а) бензола
 - б) толуола
15. Напишите схемы реакций нитрования:
 - а) бензола,
 - б) толуола,
 - в) нафталина.
16. Напишите схемы реакции окисления а) пропилбензола б) метанитроэтилбензола при кипячении их с конц. раствором перманганата калия в присутствии конц. серной кислоты. Назовите конечные органические продукты.
17. В три пробирки поместили бесцветные прозрачные вещества: в первую – гексан, во вторую – гексин-1, в третью – толуол. С помощью каких качественных реакций можно определить, где какое соединение? Какова последовательность проведения такой работы? Напишите уравнения соответствующих реакций.
18. В чем заключается качественная реакция на арены? Опишите опыт, напишите схему протекающей при этом реакции.
19. Чем по составу отличается бензин, полученный при первичной перегонке нефти от крекинг-бензина (бензина вторичной переработки нефти)?

Лабораторная работа № 4.

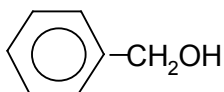
**КИСЛОРОД- И АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ
ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ.
ГЕТЕРОАТОМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НЕФТЕЙ.**

В состав органических соединений, помимо углерода и водорода, часто входят и другие элементы (**гетероатомы**). Наиболее важными из таких соединений являются кислород- и азотсодержащие вещества. Основные классы этих соединений: спирты, фенолы, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, нитросоединения, амины.

Спирты – производные углеводородов, содержащие в молекуле одну или несколько гидроксильных групп (ОН). Названия их образуются из названия соответствующего алкана и добавления окончания “-**ол**” или используются тривиальные названия.

Примеры: $\text{CH}_3\text{-OH}$ – метанол - метиловый спирт - древесный спирт.

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – этанол – этиловый спирт – винный спирт

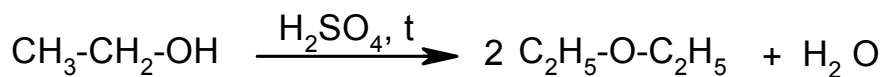


- бензиловый спирт – фенилкарбинол

Многоатомные спирты: $\begin{array}{c} \text{CH}_2- \quad \text{CH}_2 \\ | \quad \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ 1,2 –этандиол - этиленгликоль

$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \quad | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ -1,2,3 –пропантриол - глицерин

При нагревании спиртов в присутствии серной кислоты протекает реакция дегидратации, которая приводит к образованию соответствующего алкена (внутримолекулярная дегидратация) или **простого эфира** (межмолекулярная дегидратация), являющегося производным спиртов:



диэтиловый эфир

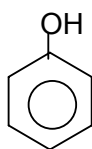
Названия простых эфиров образуются из названий составляющих его радикалов с добавлением слова «эфир». Например:

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ - диэтиловый эфир

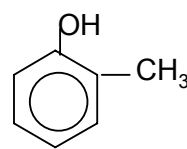
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_3$ - метилэтиловый эфир

Фенолы – гидроксилпроизводные ароматических углеводородов, у которых «гидроксил» непосредственно связан с ароматическим кольцом.

Примеры:



Фенол

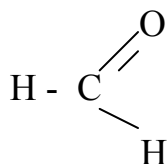


орто-крезол
2-метилфенол

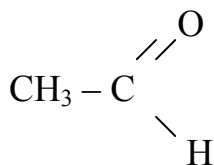
Альдегиды и кетоны - кислородсодержащие соединения, содержащие карбонильную группу $\text{C}=\text{O}$.

Альдегиды – соединения, в которых с карбонильной группой связан хотя бы один атом водорода - $\text{C}=\text{O}$. Их названия образуются
Н

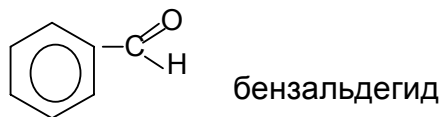
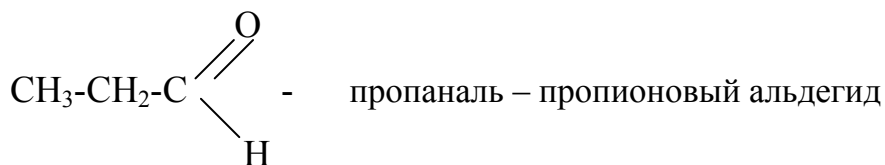
из названия соответствующего углеводорода (алкана, арена) с добавлением окончания “*аль*”, или используют тривиальное название.



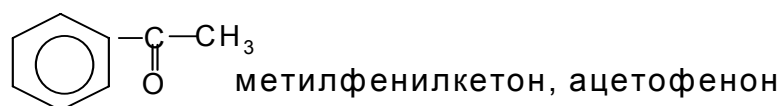
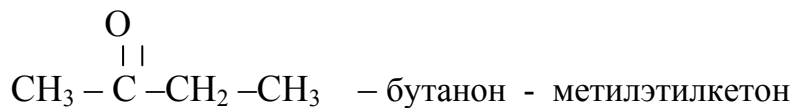
метаналь – формальдегид – муравьиный альдегид



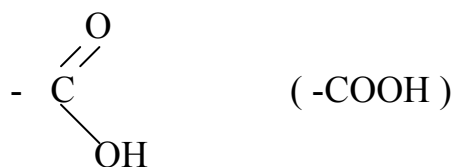
этаналь – ацетальдегид – уксусный альдегид



Кетоны не имеют ни одного связанного с карбонильной группой атома водорода. Карбонильная группа связана с двумя алкильными группами. Названия образуются из названия соответствующего углеводорода с добавлением окончания “**он**”, или из названия алкильных (арильных) групп, связанных с карбонильной, и слова “**кетон**”, а также используют тривиальные названия.

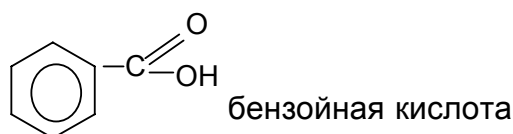
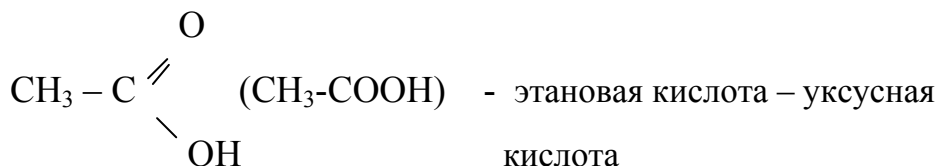
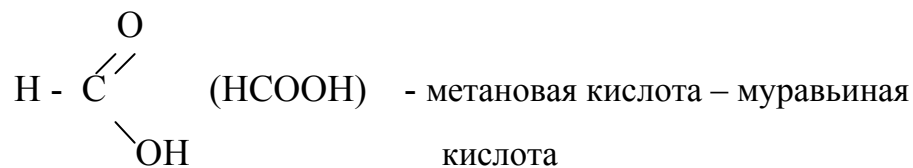


Карбоновые кислоты – соединения, содержащие в качестве функциональной карбоксильную группу

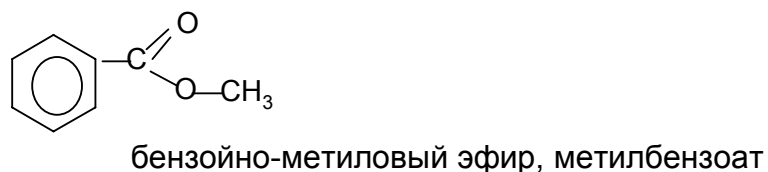
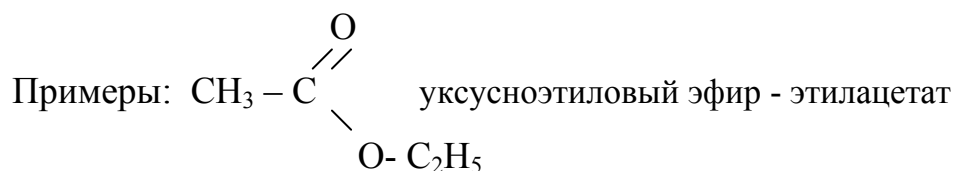


Названия образуются из названия соответствующего углеводорода с добавлением окончания “**-овая кислота**”, либо используются тривиальные названия.

Примеры:



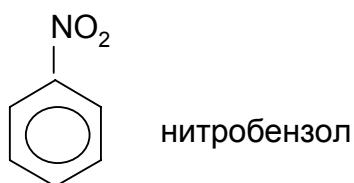
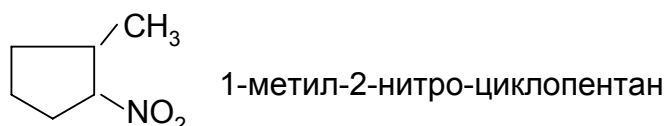
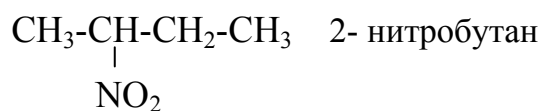
Важными производными карбоновых кислот, получаемыми в их реакциях со спиртами, являются сложные эфиры. Названия их складываются из названия соответствующей кислоты, алкильной группы спирта и окончания “эфир”, либо как производного от соответствующей кислоты и названия алкильной группы спирта.



Все перечисленные кислородсодержащие соединения широко используются для синтеза различных соединений в качестве исходных веществ, используются как растворители, а некоторые из них применяются в пищевой промышленности (этиловый спирт, уксусная кислота и др.).

Нитросоединения – это такие производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько углеродных атомов связаны с нитрогруппами – NO_2 . Называются нитросоединения аналогично соответствующим углеводородам, с добавлением приставки ***нитро-***.

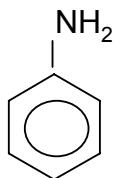
Примеры: $\text{CH}_3\text{-NO}_2$ нитрометан



Амины – это органические соединения, рассматриваемые как производные аммиака. **Первичные амины** – это производные аммиака, в которых один водород замещен на алкильную (арильную) группу. Во **вторичных** аминах на такие группы замещены два атома водорода аммиака, в **третичных** – три атома водорода. Называются амины либо как производные аммиака (амин), либо как производные углеводорода с использованием приставки «***амино***». Используются также тривиальные названия.

Примеры: $\text{CH}_3\text{-NH}_2$ - аминометан, метиламин

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH-CH}_3$ - метиламиноэтан,
метилэтиламин



- аминобензол, анилин, фениламин

Амины являются органическими основаниями, их растворы в воде имеют слабощелочную реакцию.

Гетероатомные соединения нефтей

В основном нефти состоят из углеводородов. Однако, помимо углерода и водорода, они в небольших количествах содержат также следующие элементы: S, O, N, металлы и др.

Серосодержащие соединения нефтей.

Обычно в нефтях содержится **0,05-3,5 %** (мас.) S. Однако, в некоторых нефтях общее содержание серы может достигать и до 8 %.

Малосернистыми считаются нефти, содержащие до **0,6%** серы,

сернистыми - содержащие серы от **0,61 %** до **1,8 %**,

высокосернистыми - содержащие серы от **1,81%** до **3,5%**

особо высокосернистыми – содержащие серы более **3,5%** .

Основная масса серы содержится во фракциях топлив и масел (до 60 %).

Основные типы сернистых соединений нефти:

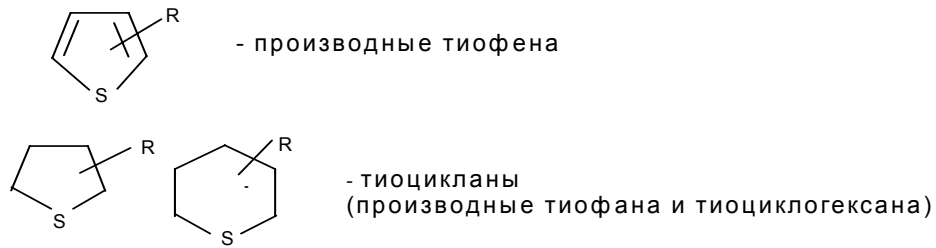
S - элементарная сера

H₂S - сероводород, содержится в нефтях в растворенном состоянии или появляется в процессе термической переработки.

R-S-H - меркаптаны, или тиоспирты

R-S-R' - сульфиды, или тиоэфиры

R-S-S-R' - дисульфиды



Присутствие сернистых соединений крайне нежелательно, т.к. они токсичны и вызывают коррозию аппаратуры.

Кислородсодержащие соединения нефтей

В нефтях содержатся обычно от **0,1 до 2 %** кислорода.

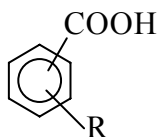
Кислородсодержащие соединения в нефтях представлены в основном нефтяными кислотами и фенолами. В незначительных количествах в нефтях содержатся также кетоны и эфиры.

Основные типы кислородсодержащих соединений нефтей:

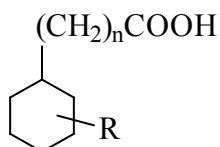
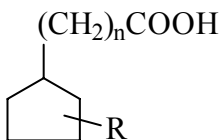
нефтяные кислоты:

$R-COOH$

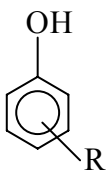
жирные кислоты



ароматические кислоты



нафтенновые кислоты, содержатся в основном в средних (250-370°C) фракциях нефтей

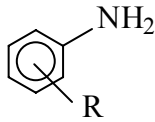


фенолы

Азотсодержащие соединения нефтей.

В нефтях содержится от **0,3** до **1,5** % азота.

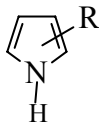
Основные типы азотсодержащих соединений нефтей:



производные анилина (органические основания)



производные пиридина (органические основания)



производные пиррола (соединения нейтрального и даже слабокислого характера)

Металлы

В нефтях обнаружено более 60 микроэлементов с концентрацией от 10^{-1} до 10^{-7} %. Наибольшая информация имеется о ванадии (**V**) и никеле (**Ni**).

При полном сгорании образца нефти все металлы (и некоторые неметаллы) в виде оксидов и солей переходят в золу.

Смолисто-асфальтовые вещества

Получают в виде гудрона после отгонки легких, средних и масляных фракций нефти. Количество этих веществ может достигать до 40 %.

Основные типы смолисто-асфальтовых веществ:

Асфальтены (не растворимы в легких алканах C_5 , C_6)

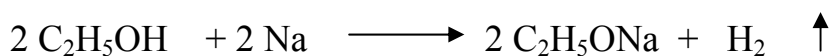
Нейтральные смолы,

Асфальтогеновые кислоты.

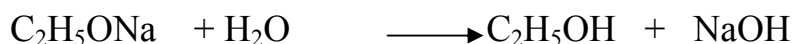
Настоящая лабораторная работа посвящена изучению физических и химических свойств, некоторых методов получения основных типов кислород- и азотсодержащих органических соединений.

Опыт 1. Образование и гидролиз этилата натрия

В пробирку помещают 1 мл этилового спирта и небольшой кусочек металлического натрия. Наблюдают растворение натрия в спирте и выделение пузырьков газа (водорода):



К раствору образовавшегося этилата натрия приливают воду и проверяют щелочную реакцию либо с помощью универсальной индикаторной бумаги (появляется синее окрашивание бумаги), либо добавляя в раствор 1-2 капли индикатора фенолфталеина (раствор окрашивается в щелочной среде в цвет от розового до малинового):



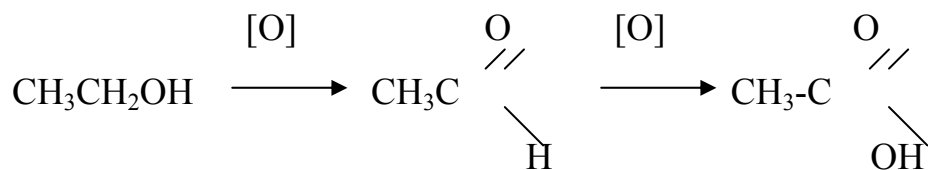
Опыт 2. Окисление этилового спирта хромовой смесью

В пробирке смешивают 2 мл 5%-ного раствора бихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 1 мл разбавленной серной кислоты, 0,5 мл этилового спирта и осторожно нагревают смесь (вместо 1 мл разбавленной серной кислоты можно добавить 3-4 капли концентрированной H_2SO_4 . В этом случае реакция окисления идет без нагревания реакционной смеси). В кислой среде бихромат является сильным окислителем:



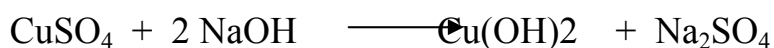
Изменение валентности хрома обуславливает переход оранжевой окраски раствора в зеленую, что и свидетельствует о протекании реакции

окисления. Образование ацетальдегида и уксусной кислоты обнаруживается по их характерному запаху:

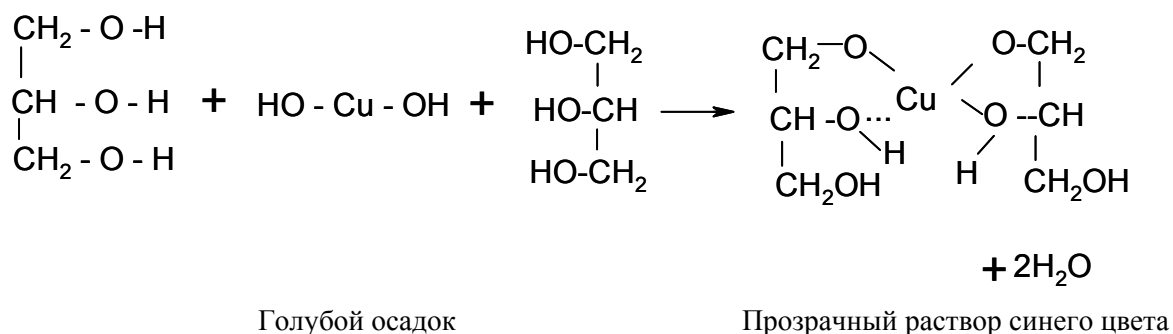


Опыт 3. Обнаружение многоатомных спиртов.

В пробирку наливают 1 мл раствора сульфата меди (II) и 1 мл раствора гидроксида натрия.



К выпавшему осадку гидроксида меди (II) добавляют несколько капель глицерина и взбалтывают содержимое. Осадок растворяется, а раствор приобретает темно-синее окрашивание вследствие образования глицерата меди.



Данная реакция является качественной на многоатомные спирты.

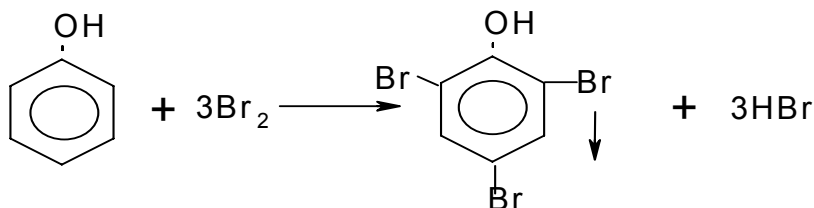
Опыт 4. Растворимость фенола в воде.

В пробирку помещают ~1 г фенола и добавляют ~ 6 мл воды. Отмечают, что фенол плохо растворяется даже при встряхивании. Разливают взвесь поровну в три пробирки. Одну из пробирок нагревают и наблюдают, что фенол при этом полностью растворяется.

Опыт 5. Взаимодействие фенола с бромом

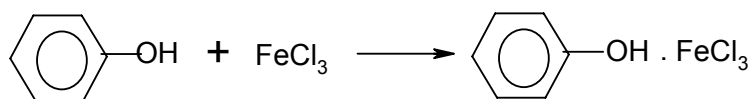
(получение трибромфенола).

В пробирку с водным раствором фенола добавляют по каплям бромную воду. Наблюдают обесцвечивание желтой окраски брома, а затем образование белого хлопьевидного осадка трибромфенола:



Опыт 6. Цветная реакция на фенол

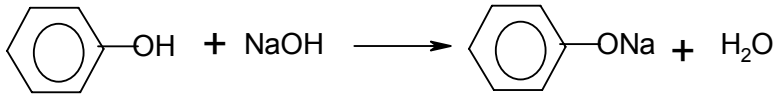
Во вторую пробирку с раствором фенола добавляют 1 каплю раствора хлорного железа. Отмечают появление фиолетового окрашивания, вызванного образованием комплексного соединения:



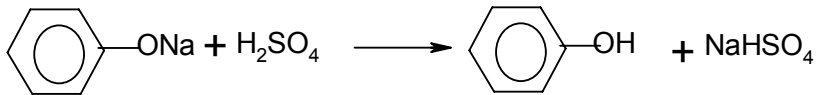
Эта реакция является качественной на присутствие фенолов.

Опыт 7. Получение фенолята натрия.

К 1 мл водной эмульсии фенола прибавляют раствор гидроксида натрия до полного исчезновения эмульсии:

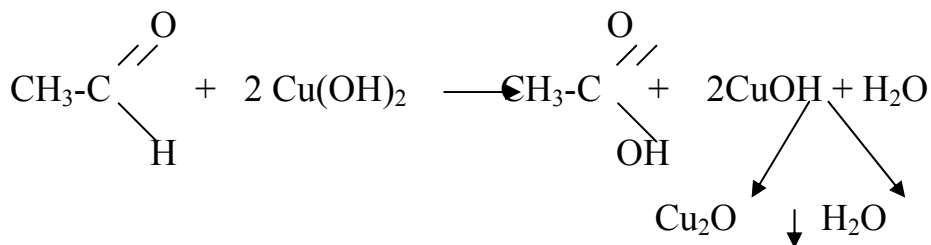
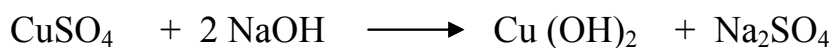


К полученному раствору прибавляют по каплям раствор серной (или соляной) кислоты до кислой реакции. Наблюдают вновь появление эмульсии (из-за выделения исходного фенола):

**Опыт 8. Окисление альдегидов.**

а) восстановление гидроксида меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ уксусным альдегидом

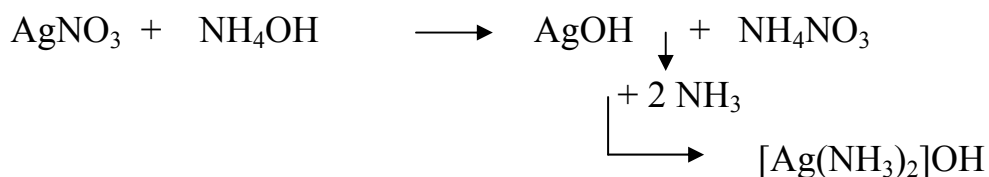
В пробирку наливают 2-3 мл раствора уксусного альдегида и столько же 10 %-ного раствора едкого натра. По каплям добавляют 1-2% -ный раствор сульфата меди. Смесь нагревают. Наблюдают выпадение осадка закиси меди:



б) Реакция серебряного зеркала

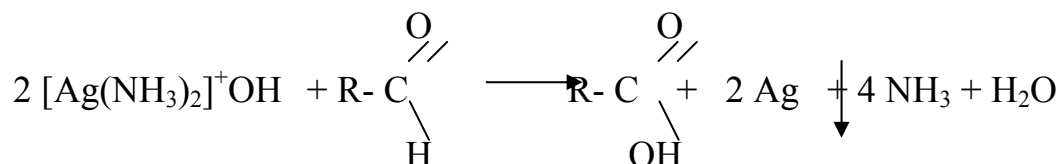
(восстановление альдегидами соединений серебра)

В пробирку наливают 1 мл раствора нитрата серебра и несколько мл водного аммиака до растворения первоначально образующегося осадка:



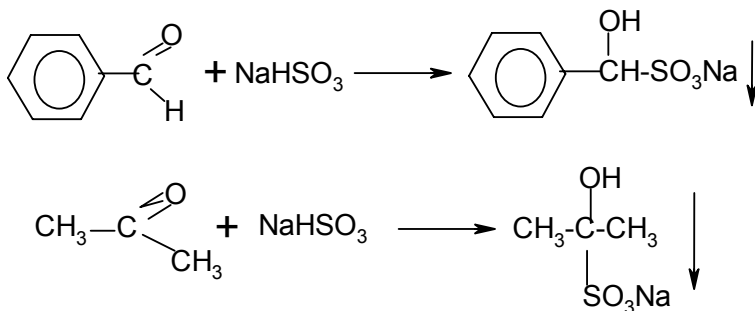
В пробирку добавляют 1 мл формалина или другого альдегида. Наблюдают образование серебряного зеркала на стенках пробирки. (Если зеркало не выделяется, пробирку нагревают на водяной бане до 50-60°C).

Уравнение реакции:



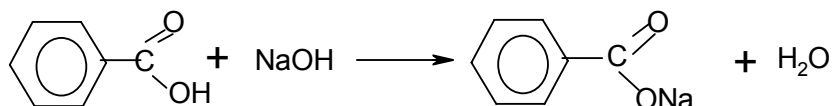
Опыт 9. Взаимодействие альдегидов и кетонов с бисульфитом натрия.

В две пробирки помещают по 1 мл бензальдегида и ацетона и приливают по 2-3 мл раствора бисульфита натрия. Слегка разогревшуюся смесь охлаждают в воде и встряхивают пробирку или слегка потирают ее изнутри стеклянной палочкой. Вскоре выделяется белый осадок бисульфитного соединения:

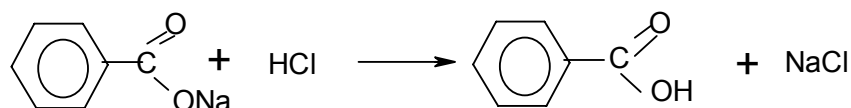


Опыт 10. Получение бензойнокислого натрия

В пробирку помещают 1-2 мл воды и несколько кристалликов бензойной кислоты. Наблюдают, что бензойная кислота плохо растворяется в воде. Добавляют туда же 1-2 мл раствора едкого натра. Кристаллы бензойной кислоты растворяются:

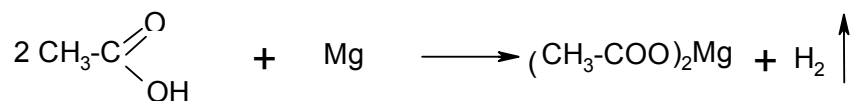


К полученному прозрачному раствору бензойнокислого натрия добавляют несколько капель раствора соляной кислоты. Снова выпадает бензойная кислота:



Опыт 11. Взаимодействие уксусной кислоты с магнием.

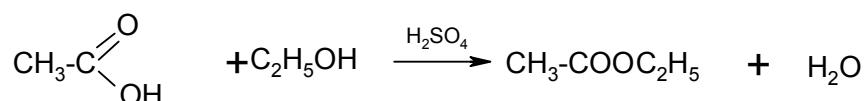
В пробирку наливают 2-3 мл уксусной кислоты и помещают туда же немного металлического магния. Наблюдают выделение пузырьков водорода:



Опыт 12. Получение уксусноэтилового эфира.

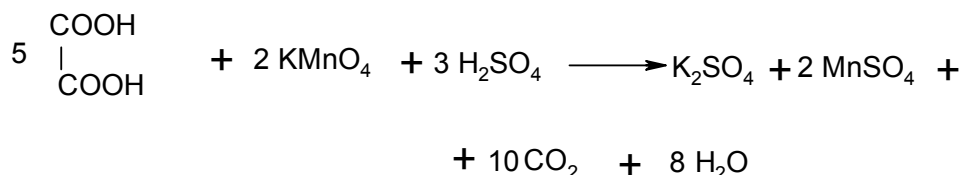
В пробирку наливают ~ 1 мл этилового спирта, 1 мл уксусной кислоты и ~ 0,5-1 мл серной кислоты. Добавляют кипелку. Смесь в пробирке осторожно перемешивают и закрывают газоотводной трубкой.

Нагревают ее на водяной бане 6-10 мин так, чтобы жидкость в пробирке при этом не кипела. Затем жидкость охлаждают и выливают в стаканчик с насыщенным раствором поваренной соли. Наблюдают образование двух слоев – верхнего – полученного эфира и нижнего – водного. Отмечают специфический запах уксусно-этилового эфира:



Опыт 13. Окисление щавелевой кислоты

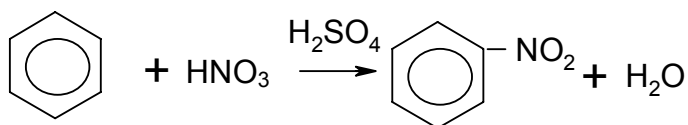
В пробирку помещают несколько кристаллов щавелевой кислоты, добавляют 0,5 мл разбавленного раствора серной кислоты и 0,5 мл раствора KMnO_4 . Осторожно нагревают смесь до начала кипения, при этом окрашенная перманганатом калия жидкость обесцвечивается:



Опыт 14. Получение нитробензола.

В пробирку наливают 1 мл концентрированной азотной кислоты и 1 мл концентрированной серной кислоты. Разогревающуюся смесь охлаждают в водяной бане. В эту же пробирку добавляют по каплям постепенно ~ 1мл бензола. При этом пробирку энергично встряхивают и охлаждают водой, затем нагревают на водяной бане.

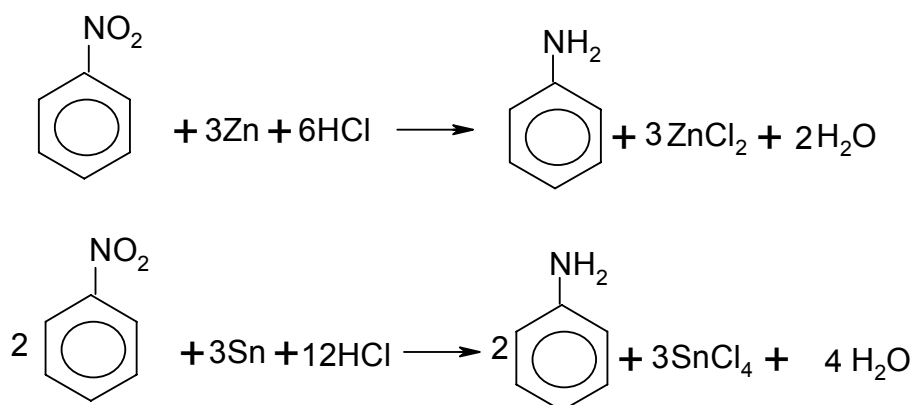
Через 5-10 минут реакционную смесь выливают в другую пробирку с водой. Полученный нитробензол выделяется в виде тяжелого желтоватого масла, мутного от капелек воды. Ощущается запах горького миндаля (запах нитробензола):



Опыт 15. Получение анилина.

В пробирку наливают 1-2 мл нитробензола и 2-3 мл концентрированной соляной кислоты. Добавляют к смеси кусочек цинка (или олова). Пробирку осторожно встряхивают. При сильном разогреве реакционной массы пробирку охлаждают на водяной бане.

Через 5-10 минут в пробирку добавляют 4-5 мл воды и несколько капель раствора хлорной извести. Наличие анилина определяют по появлению фиолетового окрашивания:



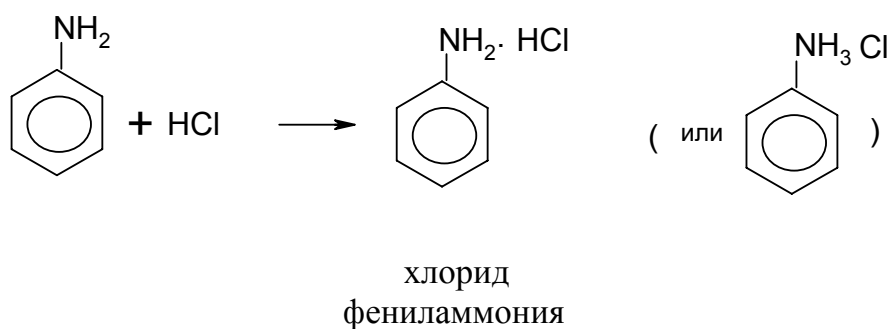
Опыт 16. Образование солей анилина

(основные свойства анилина).

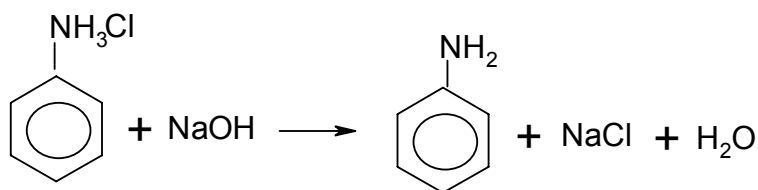
В пробирку наливают 2 мл воды и несколько капель анилина. После взбалтывания получают мутную жидкость – эмульсию анилина в воде. Эмульсию разливают на 2 пробирки.

а) В первую пробирку добавляют концентрированную соляную кислоту по каплям, при встряхивании. Постепенно смесь становится

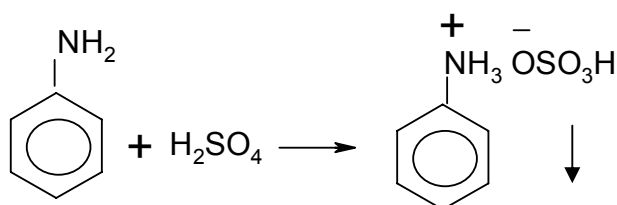
прозрачной вследствие образования легко растворимой в воде соли – хлорида фениламмония:



В пробирку с полученной солью приливают раствор гидроксида натрия. Наблюдают помутнение жидкости вследствие выделения анилина:



б) Во вторую пробирку с эмульсией анилина прибавляют по каплям разбавленную серную кислоту. Пробирку встряхивают и охлаждают. Наблюдают выпадение белого осадка трудно растворимого в воде гидросульфата фениламмония:

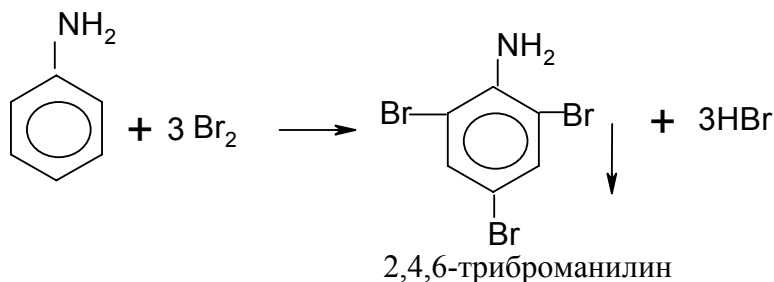


гидросульфат фениламмония

При добавлении раствора гидросульфата натрия осадок растворяется и жидкость мутнеет.

Опыт 17. Бромирование анилина.

В пробирку наливают 3 мл воды и 4-5 капель анилина, встряхивают, добавляют по каплям бромную воду, продолжая встряхивание до образования белого осадка триброманилина:

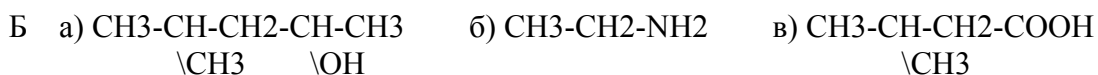
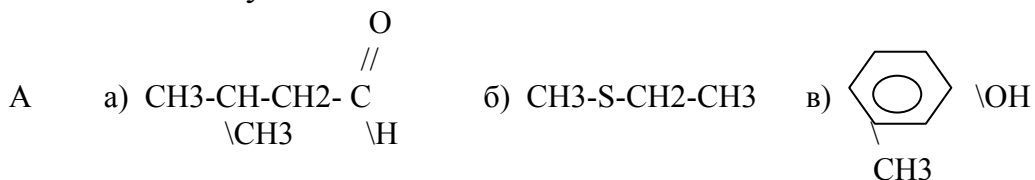


Контрольные вопросы для самопроверки

1. Нарисуйте структурные формулы следующих соединений:

- А а) мета-этилфенол б) 3-метилбутановая кислота в) циклопентанкарбоновая кислота
 Б а) 2-метилбутанол-2 б) ацетон в) пара-этиланилин

2. Назовите следующие соединения:



3. Напишите схему реакции пропанола-1 с натрием, а затем – схему гидролиза полученного алкоголята.
 4. Что такое «качественная реакция»? В чем заключается качественная реакция на многоатомные спирты? Приведите схему такой реакции для этиленгликоля (1,2-этандиола). Что мы при этом наблюдаем визуально?
 5. К каким производным можно отнести фенолы:

6. а) по химической формуле?
7. б) по химическим свойствам?
8. Напишите схему реакции взаимодействия орто-метилфенола (о-крезола) с раствором NaOH.
9. Чем отличаются кетоны от альдегидов?
10. До каких соединений может быть окислен пропиловый спирт?
11. Реагируют ли со щелочью: а) спирты? б) фенолы? Если да – напишите реакции, если нет – объясните почему.
12. Что такое «качественная реакция»? Приведите схему качественной реакции на фенол, укажите, что мы при этом наблюдаем.
13. Напишите уравнение реакции фенола с бромной водой.
14. Напишите схему реакции взаимодействия орто-метилфенола (о-крезола) с раствором NaOH.
15. В одной пробирке находится фенол, в другой – бензойная кислота. В обе пробирки добавили раствор соды. В какой из пробирок пойдет химическая реакция? Напишите схему этой реакции.
16. Напишите схему реакции пропановой кислоты с магнием и с гидроксидом натрия.
17. Что такое «качественная реакция»? Напишите схему реакции серебряного зеркала для уксусного альдегида.
18. Что такое «качественная реакция»? Напишите схему качественной реакции на альдегиды и метилкетоны – взаимодействие ацетона с бисульфитом натрия.
19. Напишите схему реакции этерификации уксусной кислоты метиловым спиртом. Укажите катализатор.
20. Напишите схему реакции бромирования анилина водным раствором брома. Назовите конечный органический продукт.
21. Какое вещество получится при восстановлении нитробензола водородом, выделяющимся при действии соляной кислоты на железные стружки? Напишите схему соответствующей реакции.
22. Что такое «именные реакции»? Напишите схему реакции Зинина – получения анилина.
23. Какие нитросоединения образуются легче и с большим выходом: нитробензол из бензола или нитротолуолы из толуола?
24. К каким аминам относится анилин – к первичным, вторичным или третичным?
25. В двух пробирках находится анилин. В одну из них добавили соляную кислоту, в другую – раствор KOH. В какой из пробирок пройдет химическая реакция? Напишите ее уравнение.
26. Напишите схему реакции этерификации уксусной кислоты метиловым спиртом. Укажите катализатор.
27. Напишите схему реакции бромирования анилина водным раствором брома. Назовите конечный органический продукт.

28. Какие гетероатомы и, соответственно, гетероатомные органические соединения могут находиться в нефтях? Для трех гетероэлементов, встречающихся в нефтях в наибольшем количестве, приведите их процентное содержания в нефтях.
29. Приведите структурные формулы основных типов азотсодержащих органических соединений, встречающихся в нефтях.
30. Опишите классификацию нефтей по процентному содержанию в ней серы.
31. Какие типы кислородсодержащих органических соединений находятся в нефтях? Приведите структурные формулы представителей этих органических соединений.
32. Приведите примеры (т.е. нарисуйте структурные формулы) гетероатомных соединений нефтей, имеющих а) кислотный характер б) основной характер в) нейтральный характер
33. Каким образом из нефти можно удалить анилин и пиридин – в результате промывки а) водным раствором NaOH или б) водным раствором HCl? Напишите схемы соответствующих реакций, поясните, какие продукты будут растворяться в воде.
34. Какие металлы и в каком количестве могут содержаться в нефтях?
35. Назовите основные типы серосодержащих соединений, встречающихся в нефтях. Нарисуйте структурные формулы представителей этих соединений.

Лабораторная работа № 5.

**ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ
ПРАКТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ.**

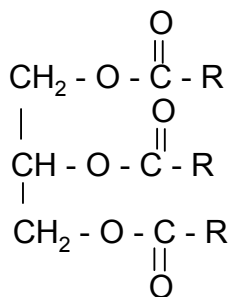
Целью данной лабораторной работы является ознакомление с синтезом, физическими и химическими свойствами некоторых практически важных органических соединений - мыл, жиров, красителей, лекарственных препаратов, полимерных материалов.

Мыла - это соли высших карбоновых кислот. Различают растворимые (соли щелочных металлов) и нерастворимые в воде мыла. Растворимые в воде мыла делятся на твердые (натриевые) и жидкие (калиевые)



Наиболее часто для получения мыл используют стеариновую ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$) или пальмитиновую ($\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$) кислоты.

Жиры - это сложные эфиры трехатомного спирта - глицерина и высших карбоновых кислот:



Если **R-** в жире представляет собой остаток от высшей предельной кислоты, то жир - твердый, если от непредельной - то жир жидкий. Жидкие жиры называются маслами. Наиболее известны следующие жиры: коровье масло, говяжье сало, бараний и свиной жир (твердые жиры), подсолнечное, оливковое, миндальное, пальмовое масла (жидкие жиры).

Красители - это вещества, которые вызывают окраску соединения за счет наличия в них особых хромофорных групп: $-C=O$, $-N=N-$, $-NO_2$, C_6H_5 - и др. В промышленности наиболее известны красители на основе анилина.

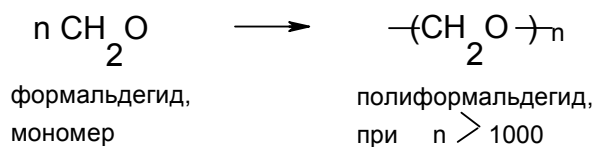
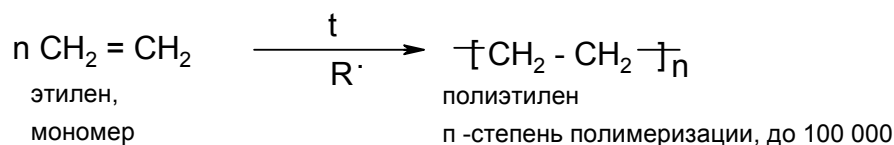
Индикаторы - это вещества, которые в растворе меняют окраску в зависимости от pH среды. Наиболее известные индикаторы синтезируют на основе фенолов и производных анилина.

Лекарственные препараты - чаще всего готовят на основе различных кислород-, азот- и серосодержащих органических соединений, как карбо-, так и гетероциклических.

Полимерные материалы - получают на основе реакций полимеризации и поликонденсации.

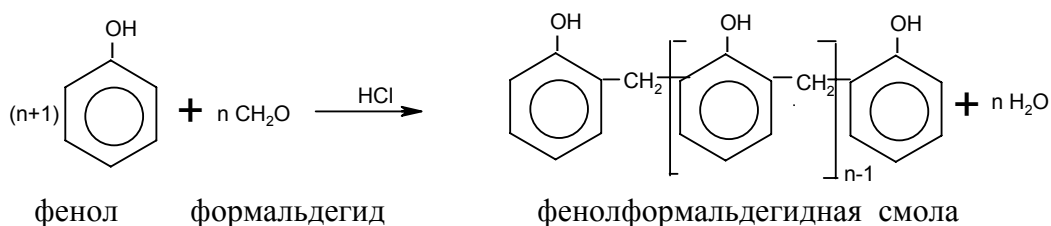
Полимеризация - это процесс получения высокомолекулярных веществ на основе низкомолекулярных (мономеров). При этом никакие другие вещества не образуются.

Примеры:



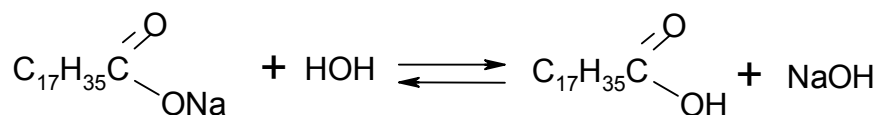
Поликонденсация - это процесс получения высокомолекулярных веществ, сопровождающийся образованием низкомолекулярного соединения.

Пример:



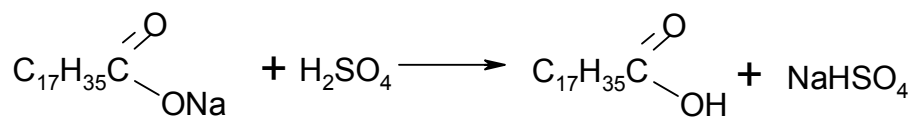
Опыт 1. Растворение мыла в воде.

Кусочек мыла (20-30г) растворяют в 2-3 мл воды. Подогревают пробирку на горелке и убеждаются, что при нагревании мыло растворяется быстрее. При встряхивании содержимого пробирки наблюдается обильное вспенивание. При помощи универсальной индикаторной бумажки определяют pH среды. Убеждаются, что она щелочная – мыло является солью сильного основания NaOH и очень слабых высших жирных кислот, и поэтому при гидролизе образуется свободная щелочь:



Опыт 2. Выделение свободных жирных кислот из мыла

В пробирку помещают 1-2 мл приготовленного в предыдущем опыте концентрированного раствора мыла и добавляют несколько капель разбавленной серной кислоты. Выпадает белый хлопьевидный маслянистый осадок свободных жирных кислот:



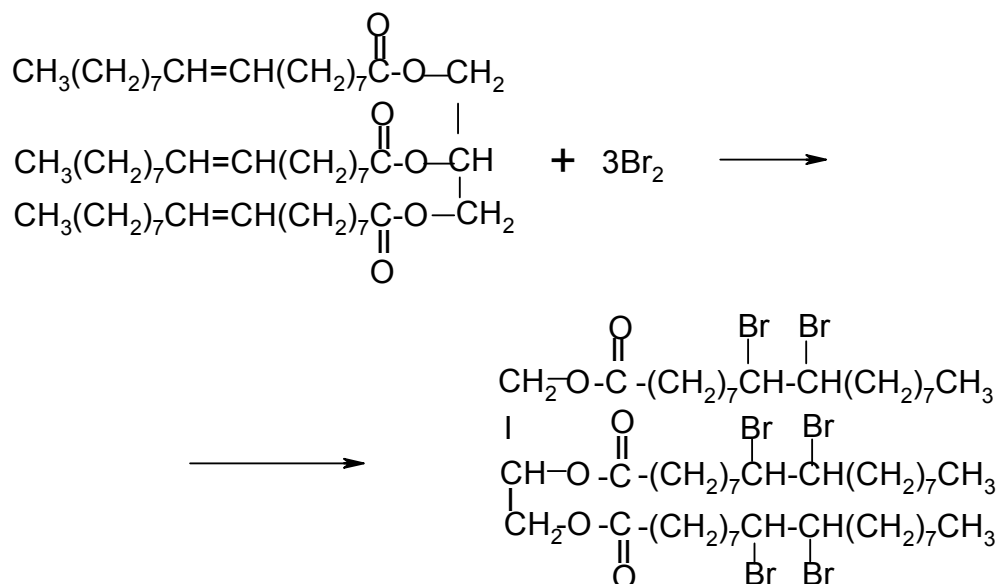
(для ускорения выпадения осадка пробирку можно погреть на водяной бане).

Опыт 3. Растворимость жиров в различных растворителях

В 5 пробирок помещают по 1-2 капли растительного масла. Приливают в первую пробирку 1 мл *диэтилового эфира*, во вторую – 1 мл *этилового спирта*, в третью – 1 мл *гексана*, в четвертую – 1 мл *воды*, в пятую – 1 мл *бензола*. Взбалтывают содержимое пробирок и дают постоять. Отмечают растворимость жира в каждом из перечисленных веществ. Какие из них являются хорошими растворителями жиров, а какие – плохими? Наблюдения записывают в свой лабораторный журнал.

Опыт 4. Определение неперелетности жира

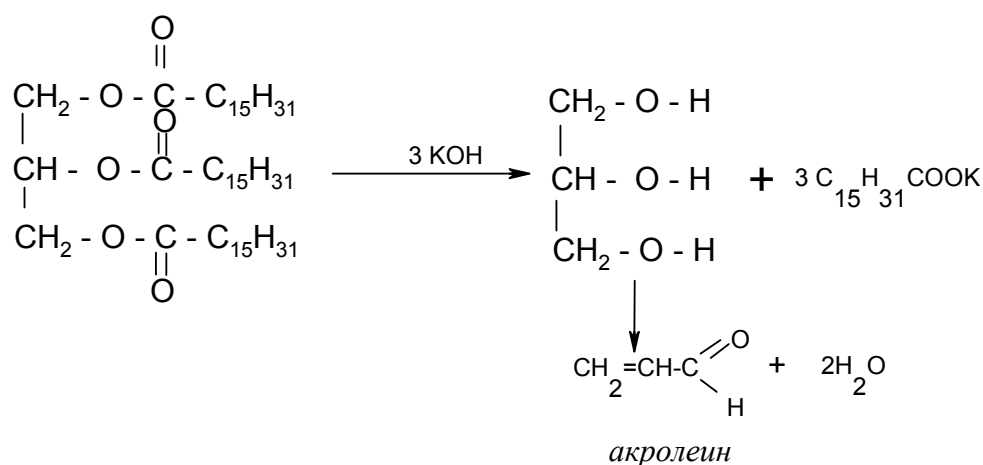
Помещают в пробирку 1-2 капли растительного масла, затем добавляют туда же 1 мл диэтилового эфира до растворения жира. После этого прибавляют в пробирку по каплям бромную воду, при перемешивании. Наблюдают исчезновение окраски: брома, что свидетельствует о неперелетности жира:



Опыт 5. Обнаружение жиров (образование акролеина при разложении жира)

Реакцией на присутствие жира служит *акролеиновая проба*, которой открывают в жирах глицериновый остаток. При нагревании жира глицериновый остаток частично переходит в глицерин, который теряет воду и образует акролеин, легко обнаруживаемый по специфическому раздражающему запаху. (Вещество, не имеющее глицеринового остатка, например, воск, акролеин не выделяет).

В сухую пробирку помещают щепотку (~0,5 г) сухой щелочи (гидроксид калия) и 1-2 капли растительного масла (или кусочек твердого жира). Осторожно нагревают пробирку, перемешивая содержимое. При этом смесь чернеет, выделяются густые белые пары, содержащие пары воды и других летучих продуктов. Резкий раздражающий запах говорит об образовании акролеина.

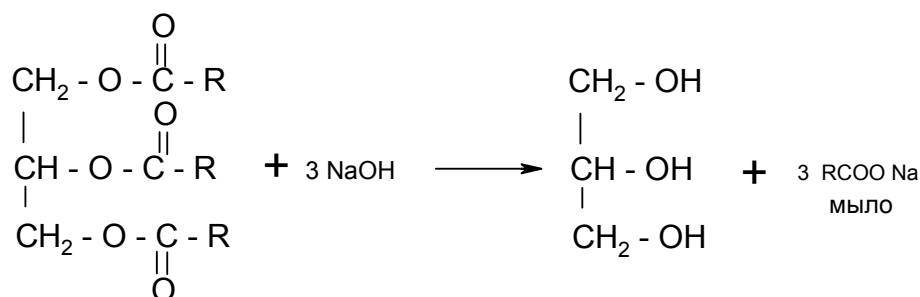


Опыт 6. Омыление жиров

В пробирку помещают 2-3 г растительного масла и приливают 6-8 мл спиртового раствора щелочи. В пробирку помещают кипелки, закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой и нагревают 12-15 мин на водяной бане до кипения (для определения конца омыления наливают в

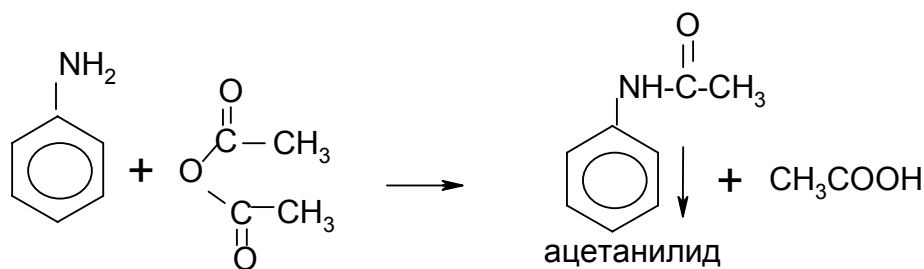
другую пробирку несколько капель смеси, добавляют 6 мл воды и нагревают раствор. Если взятая смесь растворяется в воде без выделения капель жира, то омыление считают законченным. Если в растворе есть капли жира, то смесь продолжают нагревать на водяной бане еще несколько минут).

К полученной густой жидкости добавляют насыщенный раствор соли NaCl. Жидкость мутнеет и выделяется слой мыла, всплывающий на поверхность:



Опыт 7. Получение ацетанилида (ацилирование анилина).

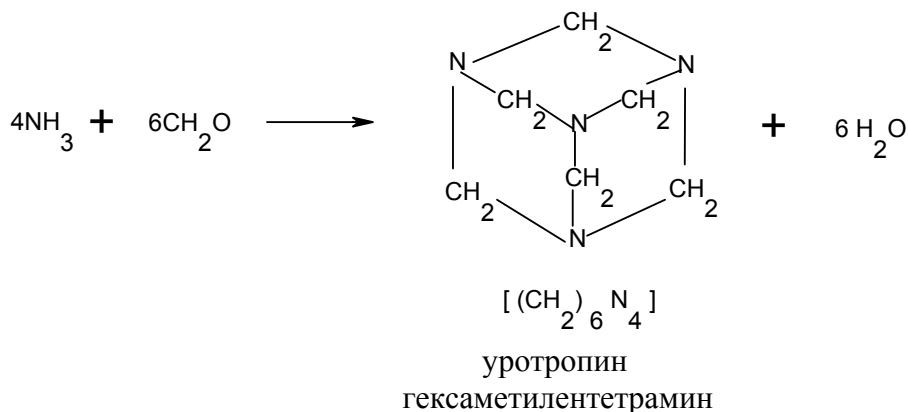
В пробирку наливают 0,5 мл анилина и 2 мл воды, встряхивают. К полученной смеси добавляют 0,5 мл уксусного ангидрида. Встряхивают, разогретую пробирку охлаждают водой. Выпадает белый осадок ацетанилида:



В медицине ацетанилид известен под названием *антифедрин*. Он применялся ранее как средство от лихорадки.

Опыт 8. Получение уротропина.

В фарфоровую чашку помещают 3 мл формалина и концентрированный раствор аммиака (до появления запаха от раствора). Аммиак без нагревания энергично вступает в реакцию с формальдегидом, смесь разогревается:



Чашку с раствором устанавливают на сетку и выпаривают при помешивании палочкой до небольшого объема. Наблюдают образование белого кристаллического продукта.

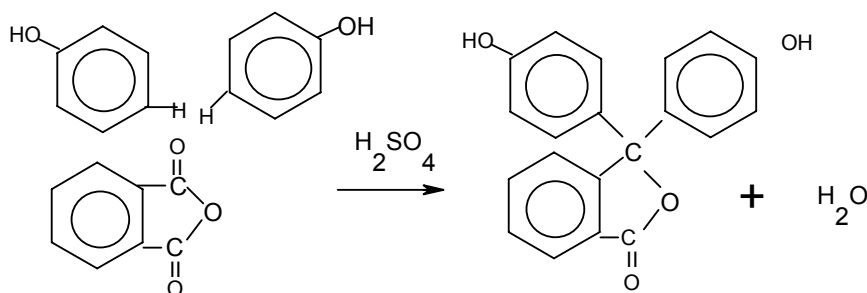
Получение уротропина было первым опытом создания лекарственного вещества (1899г.). Уротропин применяют как антисептическое средство, он входит в состав комбинированных таблеток "Кальцекс" и "Уробесал".

Опыт 9. Получение фенолфталеина.

В сухую пробирку помещают ~ 0,1 г фталевого ангидрида и ~0,2 г фенола. Встряхивают пробирку и прибавляют ~ 3 капли концентрированной серной кислоты. Осторожно нагревают пробирку в пламени горелки. Нагревание прекращают, когда из расплавившейся смеси начнут выделяться пузырьки.

Смесь охлаждают, добавляют ~ 5 мл воды и встряхивают. Часть полученного кислого раствора отливают в другую пробирку и добавляют к нему по каплям сначала раствор щелочи до изменения окраски

реакционного раствора (раствор становится малиновым), а затем разбавленную кислоту до обесцвечивания:

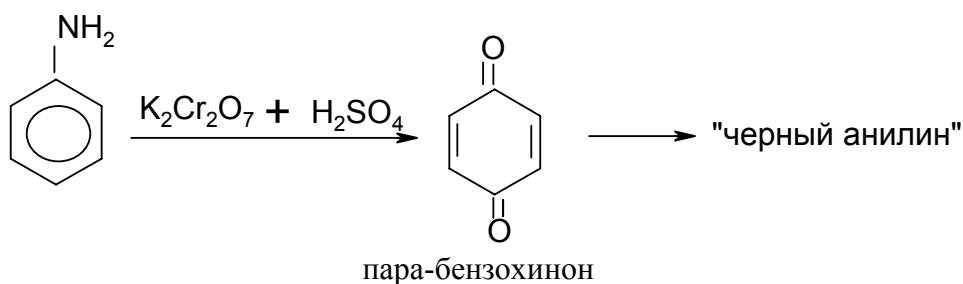


Фенолфталеин является индикатором. В кислой и нейтральной среде он бесцветный, а в щелочной среде окрашивается в малиновый цвет.

Фенолфталеин применяется также в медицине (слабительное "пурген").

Опыт 10. Окисление анилина.

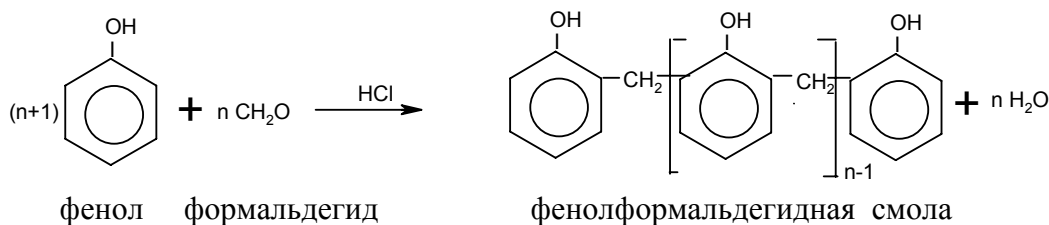
В пробирку наливают 1 мл воды и 3-4 капли анилина, взбалтывают смесь и добавляют к ней 1-2 мл хромовой смеси. Окраска раствора меняется от оранжевой до зеленой, а затем наблюдается почернение реакционной смеси:



Конечным продуктом окисления анилина является краситель сложного строения – «черный анилин», который используют для окрашивания тканей и получения красящего слоя копировальной бумаги.

**Опыт 11. Получение фенолформальдегидной
(новолачной) смолы.**

В пробирку насыпают ~1 г фенола и приливают ~1 мл формалина. При нагревании смеси на водяной бане фенол растворяется. Через 2-3 мин. прибавляют 2-3 капли концентрированной соляной кислоты и продолжают нагревание до расслоения смеси. Затем пробирку слегка охлаждают, воду сливают, а остаток выливают на стекло. Наблюдают образование твердого продукта. Испытывают образовавшуюся новолачную смолу на растворимость в воде и ацетоне.



Относительная молекулярная масса новолачной смолы невелика: 1000-2000. Новолачные смолы плавки, растворимы; они применяются для приготовления лаков и прессовочных порошков.

Контрольные вопросы для самопроверки.

1. Нарисуйте структурные формулы акролеина и анилина.
2. Нарисуйте структурную формулу стеарата калия. К какому классу веществ относится это соединение, каково его физическое состояние?
3. Нарисуйте общую формулу стеариновой кислоты и структурные формулы глицерина и акролеина.
4. Нарисуйте структурные формулы олеиновой кислоты и формальдегида.
5. Нарисуйте структурные формулы акролеина и анилина.
6. Нарисуйте структурные формулы пальмитиновой кислоты и фенола.

7. Что представляет собой мыло с химической точки зрения? Нарисуйте формулу твердого и жидкого мыла.
8. Напишите схему получения жидкого мыла из пальмитиновой кислоты и соответствующей щелочи.
9. Напишите схему гидролиза мыла. Какую среду покажет индикаторная бумажка, смоченная водным раствором мыла?
10. Какие мыла являются жидкими, какие – твердыми?
11. Какая среда (кислая, основная, нейтральная) образуется при растворении хозяйственного мыла в воде? Подтвердите ответ соответствующим уравнением реакции.
12. Соли нафтеновых кислот называются мылонафтом (и используются в технике). Напишите схему реакции мылонафта с конц. серной кислотой.
13. Существуют ли нерастворимые в воде мыла? Приведите примеры.
14. Напишите схему реакции получения высших жирных кислот из мыла.
15. В чем заключается реакция омыления жира? Приведите пример.
16. Чем отличается твердый жир от жидкого масла по химическому строению?
17. Что представляет собой растительное масло (жидкий жир) с химической точки зрения? Приведите формулу любого жидкого жира.
18. Напишите схему реакции обнаружения жира (акролеиновую пробу).
19. Приведите примеры животных и растительных жиров, укажите их физическое состояние.
20. Напишите схему реакции омыления жира - тристеарата глицерина.
21. Напишите схему реакции гидролиза жира.
Каким образом можно доказать непредельность растительного масла?
Напишите уравнение соответствующей реакции.
22. Напишите схему получения жира из глицерина и стеариновой кислоты.
23. Каким образом из жидкого жира можно получить твердый жир?
Напишите схему соответствующей реакции. (Эта реакция используется в промышленности для получения маргарина из растительных жидких масел).
24. Укажите растворимость подсолнечного масла в различных растворителях (воде, гексане, диэтиловом эфире, бензоле, этиловом спирте). Какой растворитель эффективнее других для удаления жировых пятен с ткани?
25. Как качественно можно отличить жир от воска? Напишите соответствующую схему образования акролеина при разложении жира. Что в аналогичной реакции образуется из воска?
26. Что такое "Хромофорная группа"? Приведите примеры.

27. Что такое индикаторы? Что они показывают? Приведите пример индикатора и укажите, как и в зависимости от чего может меняться его окраска.
28. Из каких исходных веществ получают фенолфталеин? Нарисуйте их структурные формулы.
29. Направления использования фенолфталеина.
30. Что такое «черный анилин»? Приведите схему его получения.
31. Приведите примеры известных Вам лекарственных веществ?
32. Из каких реагентов получают уротропин? Что он представляет из себя с физической точки зрения, каковы направления его использования.
33. Напишите схему реакции анилина с уксусным ангидридом. Как можно использовать полученный кристаллический продукт?
34. Чем отличаются реакции полимеризации от реакций поликонденсации?
35. Что такое «реакция полимеризации»? Напишите схемы реакции полимеризации формальдегида, 1-бутена.
36. Что такое реакция поликонденсации? Напишите схему взаимодействия фенола с формалином в присутствии катализатора – соляной кислоты. Какой продукт получается в результате этой реакции?

Литература.

1. А.И. Артеменко. Органическая химия. - М.: Высшая школа, 2002 - 559с.
2. Химия нефти. Учебное пособие под ред. В.Н.Кошелева М.; МАКС-Пресс, 2009, 100 с.
3. Рябов В.Д. Химия нефти. М.: Изд.Форум, 2014, 336 с.
4. Л.В.Зиновьева, Е.Е.Янченко Практикум по курсу органической химии для студентов факультета экономики и управления: М.: РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2003, 63 с.

Зиновьева Людмила Валерьевна
Янченко Екатерина Егоровна

ПРАКТИКУМ по дисциплине «ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ И
ХИМИИ НЕФТИ И ГАЗА»

Для студентов, обучающихся по направлениям **38.03.01** "Экономика" и
38.03.02 "Менеджмент"

Подписано в печать 15.10.2014

Объем 4,25 усл. п.л.

—

Формат 60x84 1/16

Тираж 150 экз.

Заказ № 399

119991, Москва, Ленинский просп., д. 65

Издательский центр РГУ нефти и газа

имени И.М. Губкина