

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е. Н. Корж

**АЛКАНЫ. АЛКЕНЫ. АЛКИНЫ.
БЕНЗОЛ И ЕГО ГОМОЛОГИ.
Практикум по органической химии**

Учебно-методическое пособие

Севастополь
СевГУ
2023

УДК 547(076.5)

ББК 24.2я73

К665

Рецензент:

Л. А. Яковшин – д-р хим. наук, доцент кафедры
«Химия и химические технологии»

Корж Елена Николаевна

К665

Алканы. Алкены. Алкины. Бензол и его гомологи.

Практикум по органической химии : учебно-методическое пособие / Е. Н. Корж ; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь : СевГУ, 2023. – 61 с.

Целью учебно-методического пособия является оказание помощи обучающимся при самостоятельной подготовке и выполнении лабораторных работ по темам: «Алканы», «Алкены», «Алкины», «Бензол и его гомологи», а также при подготовке к текущей и промежуточной аттестации.

УДК 547(076.5)

ББК 24.2я73

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании ученого совета Института ядерной энергии и промышленности, протокол № 5 от 20 декабря 2022 г.

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия для студентов технических специальностей.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2023
© Корж Е.Н., 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Оборудование и материалы химической лаборатории	5
2. Некоторые правила выполнения работ при химическом эксперименте	7
3. Лабораторная работа «Алканы»	14
4. Вопросы для защиты лабораторной работы «Алканы»	20
5. Задачи для самостоятельной работы по теме «Алканы»	21
6. Лабораторная работа «Алкены»	23
7. Вопросы для защиты лабораторной работы «Алкены»	32
8. Задачи для самостоятельной работы по теме «Алкены»	33
9. Лабораторная работа «Алкины»	35
10. Вопросы для защиты лабораторной работы «Алкины»	42
11. Задачи для самостоятельной работы по теме «Алкины»	43
12. Лабораторная работа «Бензол и его гомологи»	45
13. Вопросы для защиты лабораторной работы «Бензол и его гомологи»	54
14. Задачи для самостоятельной работы по теме «Бензол и его гомологи»	55
Библиографический список	56
Приложение А	57

ВВЕДЕНИЕ

Материалы данного пособия позволяют студентам понять и систематизировать основные положения теории, которые рассматриваются по разделу органической химии «Углеводороды» на лекциях и в учебниках.

В пособие включены лабораторные работы, вопросы для защиты лабораторных работ и задачи, предлагавшиеся студентам технических направлений обучения нехимических специальностей в течение последних пяти лет в рейтинговых контрольных работах разного уровня, а также в экзаменационных билетах.

При выполнении лабораторных работ студенты экспериментально изучают способы получения алканов, алкенов, алкинов, бензола и его гомологов, исследуют химические свойства предельных и непредельных углеводов, их особенности, разбирают закономерности протекания реакций с учетом химического строения органических соединений.

Для активного усвоения раздела органической химии «Углеводороды» по дисциплине «Химия» студентам рекомендуется изучить теоретический материал по конспекту лекций с использованием рекомендуемой литературы, выполнить лабораторные работы и самостоятельно решить типовые задачи, которые приведены в данном практикуме по органической химии.

1. ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

1.1. Химическая посуда

Химическая лабораторная посуда подразделяется на несколько групп:

☉ посуда общего назначения (применяется в лабораторной практике для самых разнообразных целей): пробирки; химические стаканы; конические колбы (Эрленмейера), плоскодонные и круглодонные колбы; химические воронки, кристаллизаторы, эксикаторы, часовые стекла, бюксы и др.;

☉ мерная посуда: цилиндры, мензурки, мерные пипетки, мерные колбы, бюретки;

☉ посуда специального назначения: колба Вюрца (круглодонная с газоотводной трубкой); аппарат Киппа; установка для фильтрования с разряжением, которая состоит из колбы Бунзена, воронки Бюхнера и водоструйного насоса; в лаборатории используются также аллонжи, хлоркальциевые трубки, капельницы, чашки Петри, различные виды холодильников и пр.;

☉ посуда из фарфора и других материалов: шпатели, ступки, выпарительные чашки, тигли и лодочки для прокаливания.

Помнить! Перед использованием химическую посуду всегда нужно тщательно вымыть.

1.2. Химические реактивы

Реактивы — это индивидуальные вещества, их растворы или смеси определенного состава, предназначенные для лабораторных работ, научных исследований.

Химические реактивы могут находиться в твердом, жидком или газообразном состояниях. По степени чистоты все

химические реактивы классифицируются на 5 классов (квалификаций), характеристики которых приведены в *таблице 1.1.*

Таблица 1.1 –Классификация химических реактивов по чистоте

Классификация реактива по чистоте	Символ	Содержание основного вещества, масс., %	Содержание отдельных примесей, масс., %
Технический	техн.	95	Около 5
Чистый	ч.	98	0,01–0,5
Чистый для анализа Химически чистый	ч.д.а.	Не менее 99	До 0,1
	х.ч.	Более 99	До 0,1
Особо чистый	о.ч.	Около 100	10^{-5} – 10^{-10}

Хранение реактивов зависит от свойств веществ. Банки и склянки, в которых находятся реактивы, закрывают стеклянными, полиэтиленовыми, резиновыми и корковыми пробками.

Гигрокопичные вещества хранят в бьюксах, эксикаторах, запаянных ампулах и банках с притертыми пробками. Пробки банок можно промазывать или заливать парафином. Реактивы, которые изменяются под действием света, хранят лишь в склянках из темного стекла.

Сливать отработанные реактивы нужно в специально отведенные для этого склянки для последующей переработки или утилизации.

Для лабораторных опытов чаще всего используют реактивы квалификации «ч.», «ч.д.а.» и «х.ч.».

2. НЕКОТОРЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПРИ ХИМИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

2.1. Весы и взвешивание

Взвешивание является одной из основных операций, проводимых в химической лаборатории. В настоящее время достаточно часто в химических лабораториях используют технохимические и аналитические весы наряду с электронными лабораторными весами.

Технохимические весы применяют для измерения относительно больших масс (от 100 г до 1 кг) с точностью 0,01 г. аналитические – с точностью 0,0001 г.

К весам прилагается точный разновес, который представляет собой набор гирь и алюминиевых пластинок (разновесок), хранящихся в специальном футляре с пинцетом. Точный разновес нельзя оставлять открытым, когда им не пользуются. По окончании взвешивания разновес кладут в то гнездо, из которого он был взят (его нельзя ставить на рабочий стол).

Разновес из футляра берут только пинцетом.

При взвешивании предмет помещают на левую чашку весов, а разновес – на правую.

Технохимические весы имеют приспособление, которое называется арретиром, который позволяет привести весы в рабочее состояние.

Снимать или помещать предметы для взвешивания и гири на чашечки весов надо только в нерабочем состоянии весов. Взвешивание можно считать законченным, если отклонение стрелки весов влево и вправо от средней риски станет одинаковым или установится на нулевой точке.

При взвешивании необходимо соблюдать следующие правила:

1. Установить весы на ровную горизонтальную поверхность.
2. Перед взвешиванием необходимо проверить нулевую точку.
3. Не нагружать весы сверх предельной нагрузки.
4. Каждый раз, перед тем как положить предмет и разновес на чашки весов или их снять, весы арретируют.
5. Следует избегать раскачивания чашек весов.
6. Взвешиваемое вещество должно иметь комнатную температуру, нельзя взвешивать горячие и холодные предметы.
7. Взвешиваемый образец и разновес следует класть на чашки весов только при включенном арретире и размещать в центре чашки.
8. Нельзя помещать вещества непосредственно на чашку весов. Для взвешивания применяют листки гладкой бумаги или кальки, часовые стекла, бюкс или стеклянный стаканчик.
9. Гирьки из разновеса необходимо брать исключительно пинцетом.
10. **Запрещается брать** для взвешивания гирьки из другого разновеса.
11. По окончании работы необходимо проверить весы и разновесы.

Строго запрещается оставлять что-либо на весах после взвешивания!

2.2. Измерение объема жидких реактивов

Объем жидких реактивов измеряют с помощью мерной посуды.

Цилиндры и мензурки имеют градуировку и носик, что позволяет сравнительно грубо отмерить и перелить определенные объемы растворов.

Бюретки позволяют точно измерить объем жидкости или газа, который выделяется. Бюретки также служат для титрования. Точность измерения объема составляет 0,1 %.

Мерные колбы применяют для приготовления растворов реактивов с точной концентраций или используют для разбавления растворов в определенное количество раз. Точность измерения объема составляет 0,12–0,20 %.

Для отбора точных объемов исследуемого раствора или раствора реактива пользуются градуированными и неградуированными пипетками (пипетками Мора) или дозаторами.

2.3. Нагревание

В лаборатории часто приходится использовать нагревание для проведения химических реакций, прокаливания, обезвоживания, расплавления твердых веществ, выпаривания и кипячения растворов.

Для нагревания используют электрические плитки, сушильные шкафы, электропечи (муфели), спиртовки, бани.

В учебной лаборатории обычно используются электрические плитки с закрытой спиралью и асбестовой сеткой. Интенсивность обогрева регулируется изменением расстояния между колбой и плиткой. Колба не должна соприкасаться с плиткой, минимальное расстояние между ними – несколько миллиметров. В этом случае создается

простейшая воздушная баня, которая предотвращает местный перегрев нагреваемой колбы.

Для проведения реакций при температуре ниже 80 °C можно использовать водяную баню или нагреваемую на электрической плитке емкость с водой.

Высушивание твердых веществ можно проводить на воздухе между листами фильтровальной бумаги. Те вещества, которые не разлагаются при нагревании, сушат в сушильном шкафу при температуре ниже температуры их плавления.

Высушивание считается законченным, если кристаллы вещества, взятые на стеклянную палочку, быстро осыпаются при легком постукивании.

При проведении реакции в кипящем растворителе для возвращения сконденсированных паров в реакционную колбу используют установленный вертикально холодильник. Простейшим является воздушный холодильник, который представляет собой длинную стеклянную трубочку. Этот способ называется "кипчение с обратным холодильником".

Для предотвращения местных перегревов и равномерного кипения, в раствор помещают кусочки битого фарфора ("кипелки") или раствор дополнительно перемешивают. "Кипелки" необходимо вносить только в холодную жидкость, в противном случае происходит резкое вскипание жидкости, сопровождающееся ее выбросом из колбы, после чего возможно её воспламенение.

2.4. Измельчение

Для измельчения вручную небольшого количества твердых веществ чаще всего применяют разнообразные ступки: фарфоровые, металлические, агатовые. Металлические ступки используют для грубого измельчения, фарфоровые – для более тонкого, агатовые – для материалов с высокой твердостью.

Вещество насыпают в ступку на $\frac{1}{4}$ часть по высоте. Растирают осторожно, чтобы частицы вещества не выбрасывались из ступки. Если насыпать в ступку измельчаемое вещество в количестве большем, чем указано выше, затрудняется измельчение и, кроме того, при растирании пестиком измельчаемое вещество будет высыпаться через края.

Помнить!! Ступки нельзя использовать для нагревания.

2.5. Растворение твердых веществ

В процессе приготовления растворов необходимо соблюдать следующие правила:

1. Растворы для лабораторных работ приготавливают на дистиллированной воде.
2. Для приготовления растворов с точной концентрацией используют мерные колбы.
3. В посуду наливают немного растворителя, затем высыпают вещество, перемешивают и доливают растворитель в количестве немного меньшем, чем это необходимо для приготовления раствора. Объем раствора доводят до заданного значения только после полного растворения твердого вещества.

2.6. Охлаждение

Для охлаждения веществ в атмосфере сухого воздуха после прокаливания или плавления используют эксикаторы.

Охлаждение с целью кристаллизации твердого вещества осуществляют проточной водой, льдом, охлаждающей смесью.

Реакции при пониженных температурах проводят в колбах, погруженных в охлаждающие до требуемой

температуры бани. Для охлаждения до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в качестве сосуда для бани применяют алюминиевые или пластиковые чашки, для охлаждения до минус $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ лучше использовать пластиковые ёмкости, для более низких температур – сосуды Дьюара.

Ртутные термометры используются для измерения температуры до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, для измерения более низких температур применяют спиртовые термометры (от $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до минус $120\text{ }^{\circ}\text{C}$).

В качестве охлаждающего агента наиболее часто используют кашицу из мелко колотого льда и воды, имеющую температуру $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Более низкие температуры дают хорошо перемешанные смеси дроблёного льда и неорганических солей, приведенные в *таблице 1.2*.

Таблица 1.2— Охлаждающие смеси на основе солей

№ п/п	Масса соли на 100 г снега или льда	Температура, $^{\circ}\text{C}$
1.	30 г KCl	$\ominus 10,9$
2.	25 г NH_4Cl	$\ominus 15$
3.	33 г NaCl	$\ominus 21,3$
4.	52 г NH_4NO_3 + 55 г NaNO_3	$\ominus 25,8$
5.	20 г NH_4Cl + 40 г NaCl	$\ominus 30,0$
6.	85 г MgCl_2	$\ominus 34,0$
7.	39,5 г NH_4NCS + 44,5 г NaNO_3	$\ominus 37,4$
8.	123 г $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\ominus 40,3$
9	143 г $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\ominus 55,0$

2.7. Правила работы с реактивами в химической лаборатории

Все банки с реактивами необходимо держать закрытыми и открывать их следует только для использования реактивов. После отбора реактива банку следует закрыть своей же пробкой, иначе реактивы загрязняются и становятся непригодными для дальнейшей работы.

После отбора необходимого количества реактива для опыта склянку нужно поставить на место. Не разрешается переносить реактивы общего пользования на свое рабочее место.

Если отсутствует указание относительно дозировки реактивов, то нужно брать их для работы в наименьшем количестве, а именно: сухого вещества – в количестве, которое закрывает дно пробирки, а раствора – не более 1 – 2 мл.

Помнить!! Остатки реактивов нельзя высыпать или выливать обратно в склянку, из которой они были взяты.

Сухие реактивы необходимо брать чистыми и сухими фарфоровыми, пластмассовыми, металлическими ложками или лопатками (шпателями).

Наливая жидкость из склянки, последнюю нужно держать этикеткой вверх, чтобы капли реактива, в случае стекания по склянке, не могли попасть на этикетку и ее испортить. Рекомендуются последнюю каплю жидкости снимать о край посуды, в которую наливают реактив.

Помнить!! Разбавляя концентрированную кислоту (особенно серную), ее нужно вливать в воду, а не наоборот!

Остатки растворов, которые содержат ядовитые вещества, не разрешается выливать в канализацию, их необходимо сливать в специальные склянки.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «АЛКАНЫ»

Цель работы

Ознакомиться со способом получения предельного углеводорода – метана из соли карбоновой кислоты, изучить его физические и химические свойства.

Реактивы и оборудование

Безводный ацетат натрия и прокалённая натронная известь (1:2) (см. Приложение А); 1%-ный раствор перманганата калия KMnO_4 , 5%-ный раствор карбоната натрия Na_2CO_3 , йодная вода (насыщенная), концентрированная серная кислота, концентрированная азотная кислота, петролейный эфир.

Установка для получения метана, состоящая из пробирки и изогнутой газоотводной трубки с оттянутым концом; спиртовка или сухое горючее; крышка от фарфорового тигля; штатив с пробирками, фарфоровые чашки, металлический штатив с лапкой, спички.

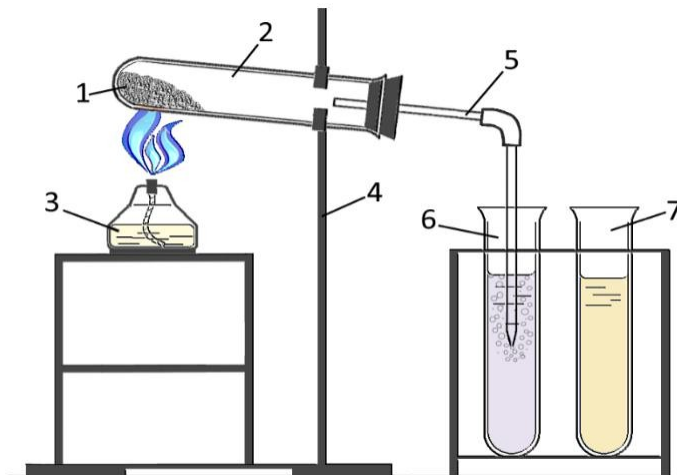
Ход работы

Опыт 1. Получение метана

Перед получением метана в штатив ставят две пробирки: в первую наливают 1%-ный раствор перманганата калия KMnO_4 и 5%-ный раствор карбоната натрия Na_2CO_3 в соотношении 3:1, во вторую – 3-4 мл насыщенной йодной воды.

В сухую пробирку насыпают (на 1/5 часть объёма) смесь для получения метана, состоящую из безводного ацетата натрия и прокалённой натронной извести (1:2), размещая её таким образом, чтобы метан мог свободно выходить из

пробирки. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой и закрепляют её в лапке штатива с небольшим наклоном в сторону пробки.



Установка для получения метана из соли ацетата натрия:

- 1 – реакционная смесь – ацетат натрия и гидроксид натрия;
 2 – пробирка; 3 – спиртовка; 4 – металлический штатив;
 5 – газоотводная трубка; 6 – пробирка с 1%-ным раствором перманганата калия KMnO_4 и добавкой 5%-го раствора карбоната натрия Na_2CO_3 ; 7 – пробирка с йодной водой.

Равномерно прогревают всю пробирку, а затем сильно нагревают ту её часть, где находится основная часть реакционной смеси. Сначала из пробирки вытесняется воздух, потом начинает выделяться метан по уравнению реакции:



Не прекращая нагревания, проведите опыты № 3, 4, 5.

Опыт 2. Физические свойства метана

Опишите физические свойства метана, используя необходимые данные из справочной литературы (укажите автора, название, место и год издания, номер страницы).

Молекулярная формула	
Структурная формула	
Относительная молекулярная масса	
Молярная масса	
Агрегатное состояние. Цвет. Плотность	
Температура плавления	
Температура кипения	
Температура воспламенения	
Термохимические функции (укажите значения и единицы измерения)	$\Delta H^0 =$ $S^0 =$ $\Delta G^0 =$
Молярная теплота сгорания при постоянном давлении	
Диэлектрическая проницаемость	
Дипольный момент	
Растворимость в воде при различной температуре	
Растворимость в этаноле (указать температуру)	
Растворимость в эфире (указать температуру)	

Задание к опыту 2.

1. Постройте график зависимости растворимости метана в воде от температуры.
2. Проанализируйте полученную зависимость растворимости метана от температуры и сделайте вывод.

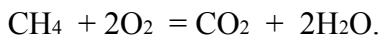
Опыт 3. Отношение метана к водному раствору перманганата калия и йодной воде

Газоотводную трубку вводят в пробирку с 1%-ным водным раствором перманганата калия KMnO_4 и добавкой 5%-го раствора Na_2CO_3 , пропускают метан в течение 1 мин. Затем тот же процесс повторяют с йодной водой.

Изменяется ли окраска растворов? Объясните отношение метана *при комнатной температуре* к водным растворам мягких окислителей — перманганата калия и йодной воды.

Опыт 4. Горение метана

Выделяющийся метан поджигают у конца газоотводной трубки. Метан горит несветящимся голубоватым пламенем:



В пламя метана внесите фарфоровую крышку от тигля. Образуется ли черное пятно от сажи на ней? Почему?

Опыт 5. Термодинамика процесса горения метана

Для реакции горения метана (перепишите уравнение реакции из опыта 4) произведите термодинамический расчёт изменения функций: энтальпии ($\Delta H^0_{\text{х.р.}}$) энтропии ($\Delta S^0_{\text{х.р.}}$). Для этого используйте следствия из закона Гесса.

Вычислите изменение энергии Гиббса в ходе реакции ($\Delta G^0_{\text{х.р.}}$) при температурах: 0°, 200°, 500 °С. Представьте графически результаты расчёта.

Как изменяется ΔG^0 реакции горения метана при увеличении температуры?

Опыт 6. Реакции с жидкими предельными углеводородами

Для изучения свойств жидких предельных углеводородов часто используют петролейный эфир, который обычно представляет собой смесь пентана и гексана.

В три пробирки налить по 1 мл петролейного эфира. В одну добавить 1 мл 5%-ного раствора карбоната натрия Na_2CO_3 а затем по каплям при встряхивании – 1%-ный раствор перманганата калия KMnO_4 .

Во вторую пробирку внести 1 мл концентрированной серной кислоты, а в третью – 1 мл концентрированной азотной кислоты.

Содержимое пробирок тщательно взбалтывать в течение 2–3 мин. Наблюдаются ли изменения в пробирках при комнатной температуре?

В фарфоровую чашку налить 1 мл жидких алканов (например, петролейного эфира) и поджечь.

Напишите уравнения реакций горения пентана и гексана.

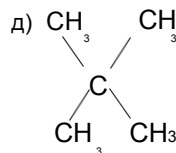
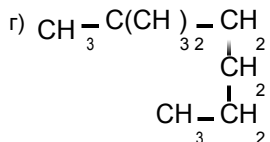
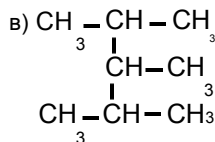
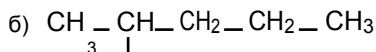
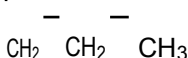
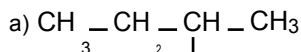
Отличается ли пламя горения жидких алканов от пламени горения метана? Почему? Рассчитайте содержание (углерода и (%) водорода в метане, пентане и гексане.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «АЛКАНЫ»

1. Общая формула алканов.
2. Гомологический ряд алканов. Напишите молекулярные и структурные формулы первых пяти гомологов алканов.
3. Номенклатура алканов. Составьте формулы по названию: 2,2-диметилбутан; 2-метил-3-этилгексан.
4. Гибридизация атома углерода в молекуле алканов. Разобрать на примере пропана.
5. Тетраэдрический угол связей углерода. Разобрать на примере метана.
6. Рассмотрите цепи атомов углерода в молекулах алканов: прямая, разветвлённая, циклическая. Приведите примеры.
7. Изомерия алканов, основные виды. Напишите все изомеры, отвечающие формуле C_5H_{12} . Назовите вещества по международной номенклатуре.
8. Физические свойства алканов. Рассмотрите закономерности изменения свойств с увеличением количества атомов углерода в молекуле.
9. Химические свойства алканов. Объясните химическую активность алканов. Какие реакции характерны для алканов и почему? Приведите уравнения реакций.
10. Какая реакция называется реакцией Коновалова? Приведите пример.
11. Устойчивы ли алканы к действию мягких окислителей – бромной воды, перманганата калия? Почему?
12. Составьте уравнения реакций получения этана:
из соли карбоновой кислоты; по реакции Вюрца.

5. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «АЛКАНЫ»

1. Назовите углеводороды по международной номенклатуре:



2. Напишите структурные формулы изомерных углеводородов состава C_8H_{18} с шестью атомами углерода в главной цепи. Назовите их по международной номенклатуре.
3. Напишите структурные формулы двух ближайших гомологов гептана, имеющих в молекуле:
- два третичных атома углерода;
 - один четвертичный атом углерода.
4. Под действием каких реагентов можно превратить 1-йод-2-метилбутан в предельный углеводород: а) с тем же числом углеродных атомов; б) с удвоенным числом углеродных атомов? Напишите уравнения реакций и назовите полученные соединения.

5. Объясните, какой из двух углеводородов будет легче нитроваться в условиях реакции Коновалова:

n-гексан или 2-метилпентан?

Напишите уравнения реакций.

6. Составьте уравнение реакции сульфирования метилизопропилметана. Назовите полученный продукт по международной номенклатуре.

7. Напишите уравнения реакций получения из 1-йодбутана:

а) *n*-октан; б) *n*-бутан.

8. Составьте уравнения реакций получения *n*-бутана при каталитическом гидрировании алкенов.

9. Напишите уравнения реакций и назовите продукты, получающиеся при сплавлении со щелочью следующих кислот:

а) $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{COOH}$ б) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$ в) $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{COOH}$

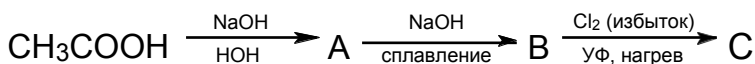
10. Какие из алканов будут легче реагировать с бромом на свету:

а) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$;

б) $\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_3$;

Напишите уравнения реакции бромирования и назовите вещества по международной номенклатуре.

11. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения:



6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «АЛКЕНЫ»

Цель работы

Ознакомиться со способом получения из этилового спирта непредельного углеводорода – этилена, изучить его физические и химические свойства.

Реактивы и оборудование

96%-ный этиловый спирт, концентрированная серная кислота, йодная вода (насыщенная), 2%-ный раствор перманганата калия KMnO_4 , 10%-ный раствор карбоната натрия Na_2CO_3 , 1%-ный раствор перманганата калия, керосин или бензин, 3%-ный раствор брома в тетрахлориде углерода (см. Приложение А).

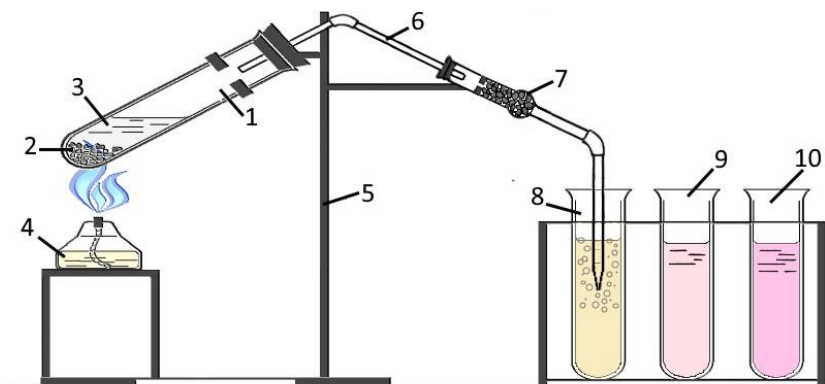
Установка для получения этилена состоит из пробирки со смесью этилового спирта и концентрированной серной кислоты с кипятыльниками (куски битого фарфора или кварцевый песок), газоотводной трубки с оттянутым концом, хлоркальциевой трубки, заполненной кусочками натронной извести. Используется спиртовка или сухое горючее, пробирки, фарфоровая чашка, крышки от фарфоровых тиглей, горячая водяная баня, пробирки, штатив для пробирок, металлический штатив с лапкой, спички.

Ход работы

Опыт 1. Получение этилена

Перед получением этилена в штатив ставят три пробирки с реактивами:

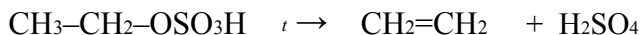
– в первую пробирку наливают 3–4 мл йодной воды;



Установка для получения этилена из этилового спирта:

- 1 – пробирка с реакционной смесью для получения этилена;
 2 – кипятыльники; 3 – реакционная смесь – этиловый спирт и концентрированная серная кислота; 4 – спиртовка;
 5 – металлический штатив; 6 – газоотводная трубка;
 7 – хлоркальциевая трубка с натронной известью; 8 – пробирка с йодной водой; 9 – пробирка с 2%-ым раствором перманганата калия KMnO_4 и 10%-ым раствором карбоната натрия Na_2CO_3 ;
 10 – пробирка с 1%-ым раствором перманганата калия KMnO_4 и концентрированной серной кислотой H_2SO_4 .

Пробирку с реакционной смесью для получения этилена закрепляют в лапке штатива и осторожно нагревают таким образом, чтобы кипящую жидкость не перебросило в хлоркальциевую трубку. При нагревании из этилсерной кислоты образуется этилен:



Кроме основной реакции, при получении этилена протекают побочные реакции. Так, концентрированная серная кислота при высокой температуре окисляет органические вещества до углерода и оксида углерода(IV), в результате чего смесь чернеет, а сама кислота восстанавливается до оксида серы(IV). Выделяющиеся кислотные оксиды CO_2 и SO_2 активно поглощаются натронной известью, помещенной в хлоркальциевую трубку.

Напишите уравнения реакции взаимодействия оксидов углерода(IV) и серы(IV) с натронной известью.

Не прекращая нагревания, проведите опыты № 3, 4, 5.

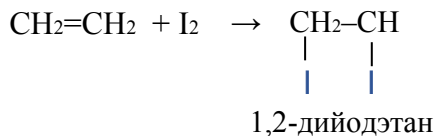
Опыт 2. Физические свойства этилена

Опишите физические свойства этилена, используя необходимые данные из справочной литературы (укажите автора, название, место и год издания, номер страницы).

Молекулярная формула	
Структурная формула	
Относительная молекулярная масса	
Молярная масса	
Агрегатное состояние. Цвет. Плотность	
Температура плавления	
Температура кипения	
Температура воспламенения	
Термохимические функции (укажите единицы измерения)	$\Delta H^0 =$ $S^0 =$ $\Delta G^0 =$
Молярная теплота сгорания при постоянном давлении	
Диэлектрическая проницаемость	
Дипольный момент	
Растворимость в воде при различной температуре	
Растворимость в этаноле (указать температуру)	
Растворимость в эфире (указать температуру)	

Опыт 3. Реакция этилена с йодной водой

Выделяющийся этилен пропускают в пробирку через йодную воду, которая быстро обесцвечивается (*качественная реакция на кратные связи*):

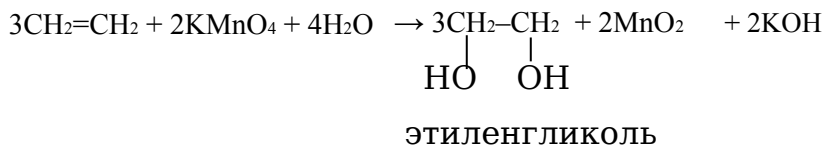


Рассмотрите механизм реакции электрофильного присоединения (АЕ) йода к этилену и укажите, какую роль в этом процессе играет вода.

Опыт 4. Взаимодействие этилена с водным раствором перманганата калия (*реакция Вагнера*)

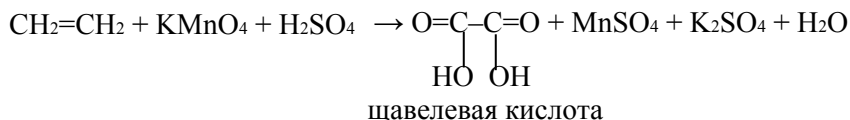
Этилен пропускают через 2%-ный раствор перманганата калия KMnO_4 , подщелоченный 10%-ным Na_2CO_3 .

раствором карбоната натрия. Наблюдают исчезновение фиолетовой окраски раствора перманганата калия и образование бурого хлопьевидного осадка MnO_2 (*качественная реакция на кратные связи*):



Опыт 5. Окисление этилена в кислой среде

Этилен пропускают через 1%-ный раствор перманганата калия KMnO_4 , подкисленный серной кислотой. В результате реакции происходит его обесцвечивание, при этом бурые хлопья не образуются, так как окисление происходит *более глубоко*:



Расставьте коэффициенты в уравнении реакции, используя метод электронного баланса.

Почему в подкисленном растворе KMnO_4 происходит более глубокое окисление этилена?

Опыт 6. Горение этилена

После проведения вышеперечисленных реакций этилен поджигают у конца газоотводной трубки. Он горит светящимся пламенем. При внесении в пламя фарфоровой чашки на ней образуется черное пятно, появление которого можно объяснить большим содержанием (%) углерода в молекуле этилена и его неполным окислением:



Рассчитайте массовые доли углерода и водорода в молекуле этилена. Напишите уравнение реакции полного сгорания этилена.

Опыт 7. Свойства жидких алкенов

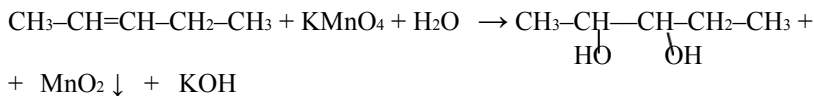
Для работы с жидкими алкенами можно использовать керосин или бензин, так как в их состав входят различные непредельные углеводороды.

В три пробирки наливают по 1 мл керосина (или бензина). В первую пробирку добавляют несколько капель 3%-ного раствора брома в тетрахлориде углерода (см. Приложение А) Полученную смесь осторожно нагревают на горячей водяной бане. Наблюдают исчезновение желтой окраски:



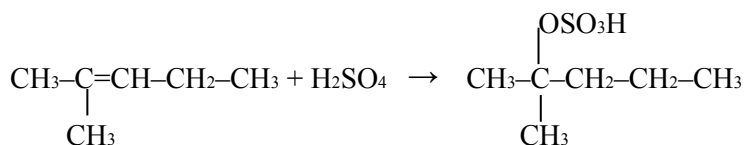
Назовите вещества по номенклатуре ИЮПАК.

Во вторую пробирку добавляют 1 мл 2%-ного раствора перманганата калия KMnO_4 , подщелоченного раствором соды Na_2CO_3 . Фиолетовая окраска раствора исчезает, появляется бурый хлопьевидный осадок MnO_2 :



Для данного уравнения подберите коэффициенты методом электронного баланса. Укажите, какие вещества в этой реакции являются окислителем и восстановителем.

В третью пробирку приливают 1 мл концентрированной серной кислоты и взбалтывают смесь несколько минут. При сильном разогревании смеси пробирку необходимо охладить водой. Наблюдают исчезновение слоя жидких алкенов и появление бурой окраски реакционной смеси:



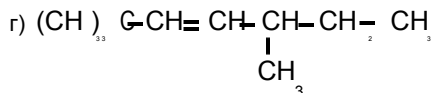
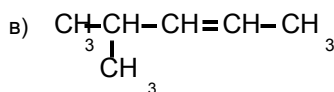
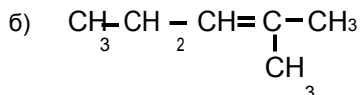
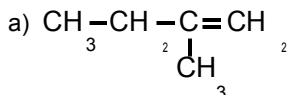
Рассмотрите механизм реакции присоединения серной кислоты к 2-метилпентену-2.

7. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «АЛКЕНЫ»

1. Общая формула алкенов.
2. Гомологический ряд алкенов. Напишите молекулярные и структурные формулы первых пяти гомологов алкенов.
3. Номенклатура алкенов. Составьте формулы по названию: 2,5-диметилпгексен-2; 2-метил-3,3- диэтилпентен-1.
4. Гибридизация атома углерода в молекуле этилена.
5. Составьте развернутую структурную формулу пропена и укажите виды химических связей между всеми атомами в молекуле.
6. Рассмотрите цепи атомов углерода в молекулах алкенов: прямые, разветвлённые, циклические. Приведите примеры.
7. Изомерия алкенов, основные виды. Напишите все изомеры, отвечающие общей формуле C_5H_{10} . Назовите вещества по международной номенклатуре.
8. Физические свойства алкенов. Рассмотрите закономерности изменения свойств с увеличением количества атомов углерода в молекуле.
9. Химические свойства алкенов. Объясните химическую активность алкенов. Какие реакции характерны для алкенов и почему.? Приведите уравнения реакций.
10. Составьте уравнение реакции хлорирования пропена.
11. Устойчивы ли алкены к действию мягких окислителей – бромной воды, перманганата калия? Почему?
12. Составьте уравнение реакции хлорэтана со спиртовым раствором NaOH. Назовите полученное соединение.

8. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «АЛКЕНЫ»

1. Назовите углеводороды по международной номенклатуре:



2. Напишите структурные формулы изомерных алкенов состава C_5H_{10} (5 изомеров) и назовите по международной номенклатуре.

3. Вторичный бутиловый спирт подвергнуть дегидратации. Для полученного продукта реакции составить уравнение его взаимодействия:

а) с бромной водой; б) с озоном.

Назовите все полученные соединения по международной номенклатуре.

4. Напишите уравнения реакций получения алкенов из следующих соединений:

а) 2-бром-2-метилбутан; в) 3-хлор-2,3-диметилгексан;
б) 1,2-дибромпентан; г) изобутиловый спирт.

Назовите полученные алкены по номенклатуре ИЮПАК.

5. Какой алкен образуется при нагревании 2,2-дибром-5-метилгексана с цинковой пылью? Напишите уравнение реакции, назовите алкен по номенклатуре ИЮПАК. Какие продукты образуются при окислении его концентрированным раствором перманганата калия? Напишите уравнение реакции.

6. Напишите структурные формулы пространственных изомеров следующих углеводородов:

а) бутен-2; б) 2,5-диметилгексен-3.

Какой из углеводородов можно назвать *цис*-, а какой *транс*-изомером?

7. Напишите уравнения реакций взаимодействия пентена-1 со следующими веществами:

а) с водородом; б) с бромом; в) с бромоводородом; г) с озонном; д) с перманганатом калия (разбавленным); е) с изобутаном.

Назовите полученные соединения.

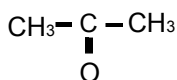
8. Определите строение алкена, озонид которого образует при гидролизе соединения:

ацетон $\text{CH}_3-\text{C}=\text{O}$ и пропионовый альдегид $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O}$.

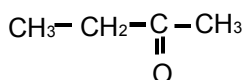


Составьте уравнение реакции озонолиза и назовите алкен.

9. Определите строение алкена, который при окислении хромовой смесью образует два кетона:

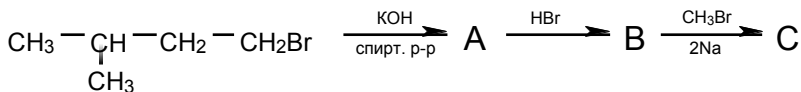


и



Составьте уравнение реакции окисления. Назовите все соединения по международной номенклатуре.

10. Составьте уравнения реакций следующих превращений и назовите соединения по международной номенклатуре:



9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «АЛКИНЫ»

Цель работы

Ознакомиться с карбидным способом получения непредельного углеводорода – ацетилена, изучить его физические и химические свойства.

Реактивы и оборудование

Карбид кальция (кусочки), йодная вода (насыщенная), 1 %-ый раствор перманганата калия KMnO_4 , 10 %-ый раствор карбоната натрия Na_2CO_3 , 1 %-ый раствор нитрата серебра AgNO_3 , 5 %-ый раствор аммиака, аммиачный раствор хлорида меди(I) (см. Приложение А), соляная кислота HCl , разбавленная в соотношении (1:4).

Колба Вюрца, капельная воронка, газоотводная трубка с оттянутым концом, крышки от тиглей, фильтровальная бумага, асбестовая сетка, пробирки, штатив для пробирок, металлический штатив с лапкой, спички.

Ход работы

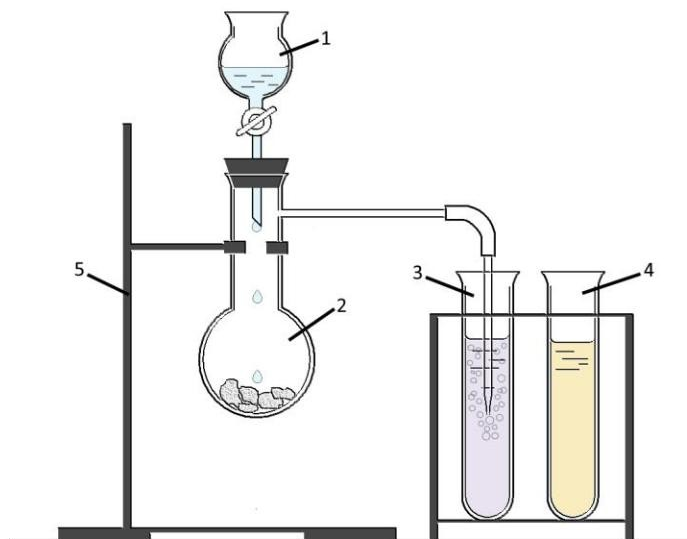
Опыт 1. Получение ацетилена

Перед получением ацетилена в штатив ставят две пробирки с реактивами:

– в первую пробирку наливают 3–4 мл насыщенной йодной воды;

– во вторую пробирку наливают 1 мл 1 %-го раствора перманганата калия KMnO_4 и 1 мл 10 %-го раствора карбоната натрия Na_2CO_3 .

В колбу Вюрца для получения ацетилена помещают несколько кусочков карбида кальция CaC_2 и по каплям приливают воду из капельной воронки.



Установка для получения ацетилена карбидным способом:

- 1 – капельная воронка с водой;
- 2 – колба Вюрца с карбидом кальция CaC_2 ;
- 3 – пробирка с раствором перманганата калия KMnO_4 и карбоната натрия Na_2CO_3 ;
- 4 – пробирка с йодной водой; 5 – металлический штатив.

При отсутствии колбы Вюрца можно использовать пробирку, в которую помещают небольшой кусочек карбида кальция и приливают 1 мл воды. Пробирку сразу же закрывают пробкой с газоотводной трубкой с оттянутым концом. Ацетилен образуется по уравнению реакции:



Как называется такой способ получения ацетилена?

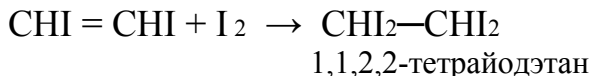
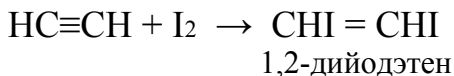
Опыт 2. Физические свойства ацетилена

Опишите физические свойства ацетилена, используя необходимые данные из справочной литературы (укажите автора, название, место и год издания, номер страницы).

Молекулярная формула	
Структурная формула	
Относительная молекулярная масса	
Молярная масса	
Агрегатное состояние. Цвет. Плотность	
Температура плавления	
Температура кипения	
Температура воспламенения	
Термохимические функции (укажите единицы измерения)	$\Delta H^0 =$ $S^0 =$ $\Delta G^0 =$
Молярная теплота сгорания при постоянном давлении	
Диэлектрическая проницаемость	
Дипольный момент	
Растворимость в воде при различной температуре	
Растворимость в этаноле (указать температуру)	
Растворимость в эфире (указать температуру)	

Опыт 3. Реакция ацетилена с йодной водой

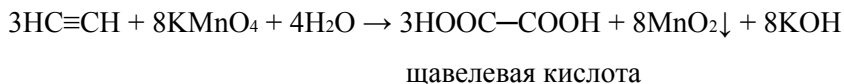
Выделяющийся ацетилен пропускают в пробирку через йодную воду. Наблюдают *постепенное* обесцвечивание йодной воды (качественная реакция на кратные связи):



Объясните, почему ацетилен обесцвечивает йодную воду значительно медленнее, чем этилен.

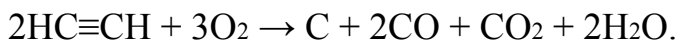
Опыт 4. Реакция окисления ацетилена перманганатом калия

Ацетилен пропускают в пробирку через 2 %-ый раствор перманганата калия KMnO_4 , подщелоченный 10 %-ым раствором карбоната натрия Na_2CO_3 . Наблюдают исчезновение фиолетовой окраски раствора перманганата калия и образование хлопьевидного осадка оксида марганца(IV) бурого цвета (*качественная реакция на кратные связи*):

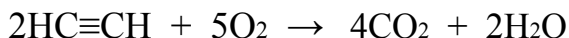


Опыт 5. Горение ацетилена (тяга)

Выделяющийся ацетилен поджигают у конца газоотводной трубки. Он горит коптящим пламенем (на поднесённой к пламени крышке от фарфорового тигля образуется пятно сажи):



При интенсивной подаче кислорода ацетилен горит светящимся пламенем, так как происходит его полное сгорание:



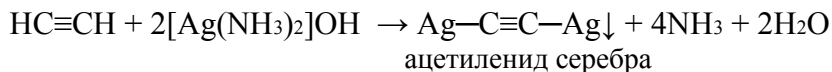
Опыт 6. Получение ацетиленидов серебра и меди

Атомы водорода у ацетилена, в отличие от этиленовых углеводородов, могут легко замещаться на металлы с образованием соответствующих солей. Почему?

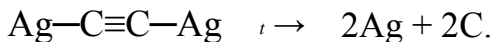
Подобные свойства характерны и для моноалкилзамещенных соединений ацетиленового ряда.

Получение ацетиленида серебра

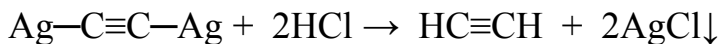
В пробирку наливают 2 мл 1 %-го раствора нитрата серебра и прибавляют по каплям 5 %-ый раствор аммиака до полного растворения образующегося в начале осадка оксида серебра(І). Через полученный раствор пропускают ацетилен и наблюдают выпадение желтовато-серого осадка ацетиленида серебра(І):



Образовавшийся осадок отфильтровывают через складчатый фильтр и просушивают между листами фильтровальной бумаги. Осадок помещают на асбестовую сетку и осторожно нагревают (*тяга, защитные очки*). *Ацетиленид серебра разлагается со взрывом:*



Остатки ацетиленида серебра *растворяют* в соляной кислоте, разбавленной в соотношении (1:4):



Получение ацетиленида меди(I)

В пробирку наливают 2-3 мл аммиачного раствора хлорида меди(I) и пропускают через него ацетилен. Бесцветный раствор сначала окрашивается в красный цвет, а затем выпадает красно-бурый осадок ацетиленида меди(I):



Рассмотрим обнаружение следов ацетилена

Реакцию, рассмотренную выше, можно провести другим способом. Для этого смачивают полоску фильтровальной бумаги аммиачным раствором хлорида меди(I) и подносят её к отверстию пробирки, из которой

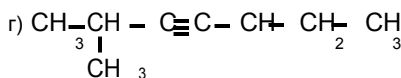
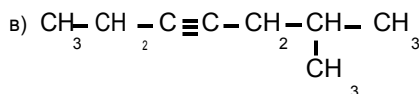
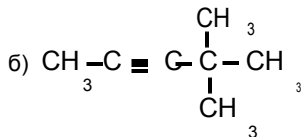
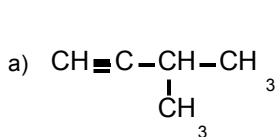
выделяется ацетилен. Наблюдают появление красно-бурого окрашивания. Это очень чувствительная реакция, ее применяют для обнаружения *следов ацетилена* , в том числе при санитарной экспертизе воздуха на предприятиях.

10 ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «АЛКИНЫ»

1. Какие органические соединения относятся к алкинам? Напишите общую формулу алкинов.
2. Рассмотрите гомологический ряд алкинов. Напишите молекулярные и структурные формулы первых пяти гомологов. Назовите по международной номенклатуре.
3. Напишите структурные формулы следующих алкинов:
бутин-1; 2,2-диметилпгексин-3.
4. Объясните гибридизацию атома углерода в молекуле ацетилена.
5. Составьте развернутую структурную формулу пропина и укажите виды химических связей между всеми атомами в молекуле.
6. Изомерия алкинов, основные виды. Напишите все изомеры, отвечающие общей формуле C_5H_8 . Назовите вещества по международной номенклатуре.
7. Объясните особенность протекания реакций присоединения к алкинам на примере хлорирования ацетилена. Составьте уравнения реакций и назовите вещества.
8. Составьте уравнение реакции гидратации ацетилена в присутствии солей ртути(II) – *реакцию Кучерова*.
9. Напишите уравнения качественных реакции алкинов на примере пропина. Назовите вещества по международной номенклатуре ИЮПАК.
10. Составьте уравнение реакции получения ацетилена из 1,2-дибромэтана под действием спиртового раствора щелочи КОН.

11. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «АЛКИНЫ»

1. Назовите по международной номенклатуре следующие соединения:



2. Напишите уравнения реакций и названия соединений, получающихся при действии спиртового раствора щелочи:

а) на 1,2-дибромбутан; б) на 1,4-дибромбутан;

3. Напишите уравнения реакций взаимодействия 2-метил-1,3-пентадиена и 3-метил-1,2-пентадиена: а) с двумя молекулами брома; б) с двумя молекулами HBr; в) с двумя молекулами водорода.

Уравнения составьте по стадиям: присоединение сначала одной молекулы реагента, а затем – присоединение другой молекулы реагента. Назовите все промежуточные и конечные продукты реакций.

4. Предложите способ разделения смеси углеводородов: этана, этилена и ацетилен.

Напишите уравнения реакций. Назовите вещества по международной номенклатуре.

5. Напишите уравнения реакций взаимодействия изопропилацетилена:

- а) с бромной водой; б) с HCl ; в) с HCN ; г) с водой в присутствии солей ртути; д) с одноклористой медью.

Назовите продукты реакций по международной номенклатуре.

6. Напишите структурные формулы ацетиленовых и диеновых углеводородов состава C_5H_8 (7 изомеров); назовите их по международной номенклатуре.

7. Какими реакциями можно различить:
пентан; 1-пентен; 1-пентин?

Составьте уравнения соответствующих реакций.

8. Предложите способ разделения смеси углеводородов:
этана, этилена и ацетилена.

Напишите уравнения соответствующих реакций.

9. Какие из перечисленных соединений реагируют с аммиачным раствором оксида серебра:

- а) этилацетилен; б) 2-бутин; в) 4-метилпентин-2;
г) метилизопропилацетилен; д) 3,3-диметил-1-пентин?

Напишите уравнения реакций и назовите продукты реакций.

10. Напишите структурные формулы углеводородов:
изобутилацетилен; диизопропилацетилен;
метил-втор.бутилацетилен; этил-трет.бутилацетилен;
2,5-диметил-3-гексин; 2-метилгексадиен-1,4; 2-метил-3-этил-1,3-пентадиен.

12. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «БЕНЗОЛ И ЕГО ГОМОЛОГИ»

Циклическую структуру бензола впервые предложил немецкий химик Ф.А. Кекуле в 1865 г.

Цель работы

Ознакомиться с методом получения бензола из соли бензойной кислоты – бензоата натрия. Изучить физические и химические свойства бензола и особенности свойств гомологов бензола.

Ход работы

Опыт 1. Получение бензола из бензоата натрия

Реактивы и оборудование : бензоат натрия, натронная известь; вода со льдом, изогнутые газоотводные трубки, ступка, стеклянные палочки, стаканы на 100 мл, пробирки, спиртовка или сухое горючее, спички, металлический штатив с лапкой, шпатель.

В ступке тщательно растирают 1 г бензоата натрия и 2 г натронной извести. Смесь помещают в сухую пробирку, закрывают пробкой с изогнутой газоотводной трубкой и закрепляют пробирку в лапке штатива с наклоном в сторону пробки. Конец газоотводной трубки опускают в пробирку-приёмник, охлаждаемую водой со льдом. Пробирку со смесью сначала равномерно прогревают на пламени спиртовки, а затем сильно нагревают часть пробирки, заполненную реакционной смесью до исчезновения белых участков смеси в пробирке. Образующийся бензол собирается в пробирке-приёмнике.

Опыт 2. Физические свойства бензола

Опишите физические свойства бензола, используя необходимые данные из справочной литературы (укажите автора, название, место и год издания, номер страницы).

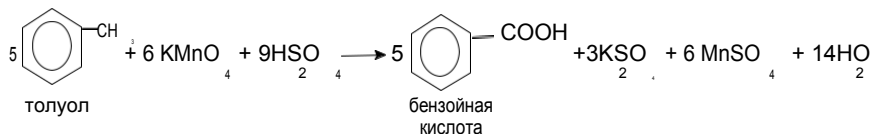
Молекулярная формула	
Структурная формула	
Относительная молекулярная масса	
Молярная масса	
Агрегатное состояние. Цвет. Плотность (стандартные условия)	
Температура плавления	
Температура кипения	
Температура воспламенения	
Термохимические функции (укажите название, единицы измерения)	$\Delta H^0 =$ $S^0 =$ $\Delta G^0 =$
Молярная теплота сгорания при постоянном давлении	
Диэлектрическая проницаемость	
Дипольный момент	
Растворимость в воде при различной температуре	
Растворимость в этаноле (указать температуру)	
Растворимость в ацетоне, эфире (указать температуру)	

Опыт 3. Отношение ароматических углеводородов к окислителям

Реактивы и оборудование : бензол, толуол, 5%-ый раствор перманганата калия KMnO_4 , 10%-ый раствор серной кислоты H_2SO_4 ; обратные воздушные холодильники с пробками к пробиркам, водяные бани, пробирки, штативы для пробирок.

В две пробирки наливают по 1 мл бензола и толуола. В каждую пробирку добавляют по 1 мл 5%-го раствора перманганата калия и 10%-го раствора серной кислоты.

Пробирки закрывают пробками с воздушными холодильниками и нагревают на водяной бане. В пробирке с толуолом наблюдает обесцвечивание перманганата калия в результате протекания реакции:



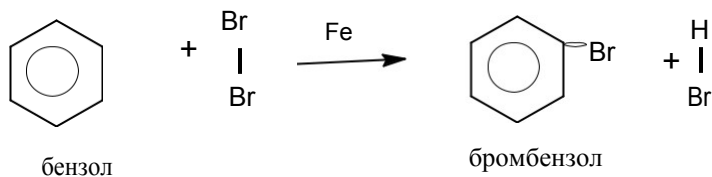
В пробирке с бензолом никаких изменений не происходит. Объясните различие в поведении бензола и толуола.

Следует отметить, что бензол может содержать примеси, которые изменяют окраску перманганата калия, поэтому для опыта необходимо брать предварительно очищенный бензол.

Опыт 4. Взаимодействие бензола с бромом (тяга!)

Реактивы и оборудование : бензол, раствор брома в тетрахлориде углерода (1:5), железные опилки, универсальный индикатор; водяная баня, штатив с пробирками, обратные воздушные холодильники с пробками к пробиркам, шпатель.

В две пробирки приливают по 1 мл бензола и по 1 мл раствора брома в тетрахлориде углерода. В одну из пробирок добавляют немного железных опилок (на кончике шпателя). Пробирки закрывают пробками с воздушными холодильниками и нагревают на теплой водяной бане. Через некоторое время в пробирке с железными опилками происходит обесцвечивание реакционной смеси. Бумага универсального индикатора, смоченная водой и поднесенная к свободным концам стеклянных трубок, подтверждает, что реакция идет только в пробирке с железными опилками (происходит изменение цвета индикатора от паров выделяющегося бромоводорода). Опишите и объясните наблюдения.



Через 5–10 мин после начала реакции в реакционную смесь опускают полоску фильтровальной бумаги, которую затем подсушивают на воздухе. На бумаге остается бромбензол, отличающийся по запаху от исходного бензола.

Необходимо помнить, что реакция замещения водорода в бензоле происходит в присутствии активированной частицы галогена.

Активирование галогена осуществляется действием катализаторов (часто кислоты Льюиса). Галогенирование в ядро протекает по механизму электрофильного замещения (S_E).

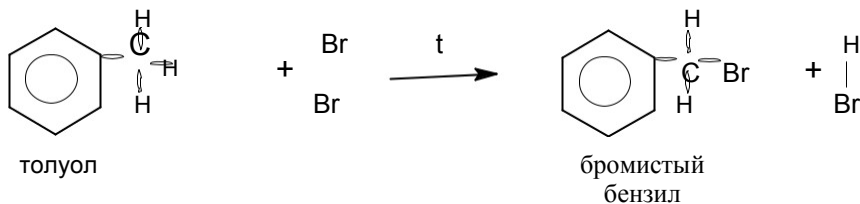
Напишите уравнение реакции образования апротонной кислоты Льюиса ($FeBr_3$) и механизм реакции бромирования бензола. Какие из изомеров дибромбензола могут получиться при дальнейшем бромировании бромбензола?

Опыт 5. Взаимодействие толуола с бромом (тяга!)

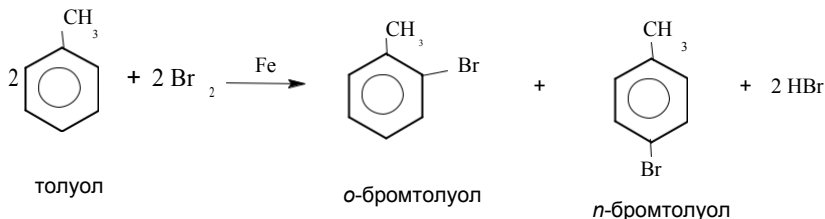
Реактивы и оборудование : толуол, раствор брома в тетрахлориде углерода (1:5), железные опилки, универсальный индикатор; водяная баня, штатив с пробирками, обратные воздушные холодильники с пробками к пробиркам, шпатель.

Повторяют опыт 4, но вместо бензола в две пробирки вносят по 1 мл толуола. Пробирку, не содержащую железных опилок, нагревают на кипящей водяной бане.

В отличие от предыдущего опыта, реакция идет в обеих пробирках. Бромирование толуола протекает по двум направлениям в зависимости от условий проведения реакции. В отсутствие катализатора (Fe), но при нагревании, галоген замещает водород в боковой цепи по радикальному механизму (S_R).



В присутствии катализатора (кислоты Льюиса) идет замещение водорода на бром в ароматическом ядре по ионному механизму (S_E), при этом атом галогена вступает в кольцо в *орто*- или *пара*-положение по отношению к алкильному радикалу:



Рассмотрите механизмы галогенирования толуола в боковую цепь (S_R) и в ароматическое кольцо (S_E). Объясните роль катализатора при галогенировании ароматических углеводородов в кольцо. Объясните ориентирующее влияние алкильных радикалов в реакциях электрофильного замещения с точки зрения статического и динамического подходов.

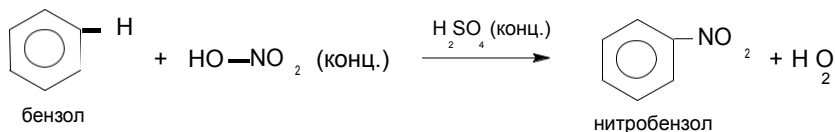
Опыт 6. Нитрование бензола (*тяга!*)

Реактивы и оборудование : бензол, концентрированные азотная и серная H_2SO_4 ; кислоты; обратные воздушные холодильники с пробками к пробиркам, водяная баня, стаканы на 50 мл, ледяная вода, лед, штатив с пробирками, стеклянные палочки, пипетки.

В сухую пробирку вносят 1 мл концентрированной азотной кислоты ($\rho=1,4 \text{ г/см}^3$) и 1,5 мл концентрированной серной кислоты.

Нитрующую смесь охлаждают ледяной водой, а затем к смеси при осторожном встряхивании и охлаждении прибавляют по каплям 1 мл бензола. Пробирку закрывают пробкой с воздушным холодильником и нагревают на водяной бане (50–

55°C) в течение 5–10 мин, периодически встряхивая, или просто встряхивают смесь 3–5 минут. После окончания реакции содержимое пробирки осторожно выливают в стакан, содержащий 10–15 мл ледяной воды. Избыток минеральных кислот растворяется в воде, а нитробензол выделяется на дне стакана в виде желтоватых маслянистых капель, пахнущих горьким миндалем.



Рассмотрите механизм реакции нитрования бензола. Какую роль играет серная кислота? Опишите свойства нитробензола.

Опыт 7. Сульфирование бензола и толуола (тяга!)

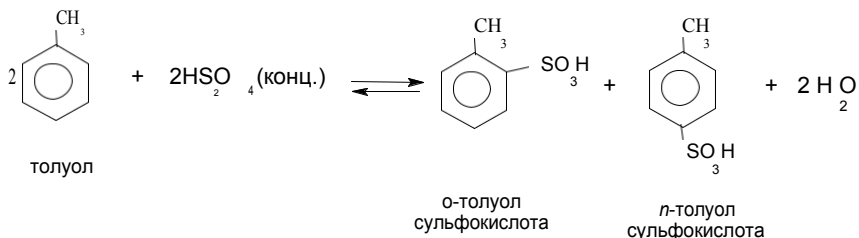
Реактивы и оборудование : бензол, толуол, концентрированная серная кислота H_2SO_4 ; обратные воздушные холодильники с пробками к пробиркам, водяные бани, химические стаканы на 50 мл, стеклянные палочки, штатив с пробирками.

В пробирки помещают по 0,5 мл бензола и толуола и добавляют по 2 мл концентрированной серной кислоты.

Пробирки закрывают пробками с воздушными холодильниками и нагревают их на кипящей водяной бане 10–15 мин при постоянном перемешивании.

Толуол постепенно растворяется в серной кислоте, а в пробирке с бензолом изменений не происходит. Когда толуол полностью растворится, пробирки охлаждают и их содержимое осторожно выливают в стаканы с 20 мл воды. Бензол всплывает на поверхность воды, так как в данных условиях он не реагирует с серной кислотой. Толуол

сульфируется легче, чем бензол. В процессе реакции образуются изомерные толуолсульфокислоты, хорошо растворимые в воде:



Объясните, как алкильный радикал влияет на скорость реакции сульфирования в ароматическом кольце. Рассмотрите механизм реакции сульфирования толуола.

Опыт 8. Деполяризация полистирола

Реактивы и оборудование: полистирол, йодная вода (насыщенная), 1%-ый раствор перманганата калия KMnO_4 , 5%-ый раствор карбоната натрия Na_2CO_3 , концентрированная серная кислота H_2SO_4 , кусочки полистирола, газоотводная трубка, ватный тампон, обратные воздушные холодильники с пробками к пробиркам, водяная баня, химические стаканы на 50 мл, штатив с пробирками.

Сухую пробирку с газоотводной трубкой заполнить на 1/5 объёма кусочками полистирола и осторожно нагревать, погрузив конец трубки в сухую пробирку, закрытую ватным тампоном. В отдельных пробирках исследовать отношение отгоняемого продукта к йодной воде и к раствору перманганата калия.

Опишите физические свойства отгоняемого мономера – стирола. Напишите уравнение реакции деполимеризации полистирола и уравнения реакций стирола с йодной водой и с раствором перманганата калия.

13. ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «БЕНЗОЛ И ЕГО ГОМОЛОГИ»

1. Какие органические соединения называют ароматическими углеводородами? Напишите общую формулу гомологического ряда бензола.
2. Напишите структурные формулы гомологов бензола состава C_9H_{12} (8 изомеров). Назовите соединения по международной номенклатуре ИЮПАК.
3. Напишите уравнения реакций нитрования пропилбензола разбавленной азотной кислотой по Коновалову, нитрующей смесью. Назовите полученные соединения по международной номенклатуре.
4. Напишите структурные формулы и назовите по номенклатуре ИЮПАК углеводороды состава: C_7H_8 , C_8H_{10} , C_9H_{12} , которые при окислении образуют бензойную кислоту. Приведите уравнения реакций окисления.
5. Напишите уравнения реакций получения из бензола следующих соединений:
 - а) *o*-нитротолуола;
 - б) *m*-нитротолуола;
 - в) *n*-нитротолуола.
6. Напишите уравнения реакций получения из бензола следующих соединений:
 - а) *o*-бромбензойной кислоты;
 - б) *m*-бромбензойной кислоты;
 - в) *n*-бромбензойной кислоты.
7. Напишите уравнения реакций окисления толуола, этилбензола и *o*-ксилола. Назовите полученные вещества. Напишите уравнение реакции нейтрализации одной из полученных кислот гидроксидом кальция.

14. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «БЕНЗОЛ И ЕГО ГОМОЛОГИ»

1. Напишите уравнения реакций последовательного синтеза *n*-ксилола из хлорбензола и хлорметана по реакции Вюрца-Фиттига. Как реагирует ксилол с перманганатом калия в кислой среде? Напишите уравнение реакции и назовите полученное соединение по международной номенклатуре.

2. Напишите уравнения реакции Вюрца-Фиттига между следующими соединениями:

- а) *n*-бромтолуол и бромистый изопропил;
 б) *o*-хлортолуол и хлорбензол; в)
 бромистый бензил и бромбензол.

Назовите вещества по международной номенклатуре.

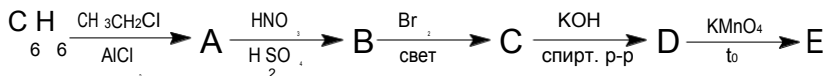
3. Напишите уравнения реакции Фриделя-Крафтса между следующими веществами:

- а) бензол и хлористый изопропил;
 б) нафталин и бромэтил; в) толуол
 и хлорбензол.

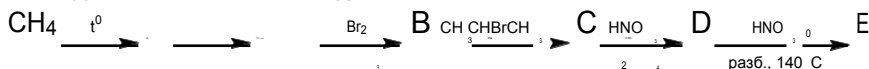
Назовите полученные соединения по международной номенклатуре ИЮПАК.

4. Исходя из метана, получите этилбензол. Напишите уравнения всех необходимых реакций. Назовите вещества по международной номенклатуре.

5. Составьте уравнения реакций следующих превращений и назовите соединения по международной номенклатуре:



6. Составьте уравнения реакций следующих превращений и назовите соединения по номенклатуре ИЮПАК:



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артеменко А. И. Органическая химия : учебник для вузов / А. И. Артеменко. – М. : Высшая школа, 2002. – 559 с. — Текст : непосредственный.
2. Корж Е. Н. Органическая химия. Задачи и упражнения: учебно-методическое пособие к самостоятельному изучению разделов по дисциплине «Органическая химия» для студентов дневной и заочной форм обучения технических специальностей / Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности ; сост. Е. Н. Корж. – Севастополь : СевГУ, 2019. – 78 с. — URL: <https://lib.sevsu.ru/xmlui/handle/123456789/11089> (дата обращения 02.03.2023.). — Режим доступа: Библиотека Севастопольского государственного университета : [сайт], раздел «Репозиторий eSevSUIR». — Текст : электронный.
3. Каминский, В. А. Органическая химия : в 2 ч. : часть 1 : учебник для академического бакалавриата / В. А. Каминский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Юрайт, 2019. — 287 с. — (Высшее образование). // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/437748> (дата обращения: 02.03.2023). — ISBN 978-5-534-02906-2. — Текст : электронный.
4. Корж Е. Н. Физическая химия: учеб. пособие с грифом для студ. вузов. Ч. 1 / Е. Н. Корж ; Севастоп. нац. техн. ун-т. — Севастополь : Изд-во Севастоп. нац. техн. ун-

та, 2003. — 208 с. — ISBN 966-7473-49-X. — Текст : непосредственный.

5. Левитина Т. П. Справочник по органической химии / Т. П. Левитина. — СПб. : Паритет, 2002. — 448 с. — Текст : непосредственный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

А.1. ПРИГОТОВЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ РЕАКТИВОВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Аммиачный раствор хлорида меди(І)

25 г кристаллического сульфата меди(ІІ) растворяют при нагревании в 80 мл воды. К раствору прибавляют 14 г хлорида натрия NaCl . К смеси медленно при перемешивании доливают раствор 12,6 г кристаллического сульфата натрия в 20 мл воды. Смеси дают охладиться, затем промывают белый осадок хлорида меди(І) водой (декантацией), растворяют его в 30-40 мл концентрированного раствора аммиака и добавляют 200 мл воды. Бесцветный раствор хранят в плотно закрывающейся склянке над очищенной медной проволокой.

2. Бром, 3 %-ный раствор в тетрахлориде углерода

В колбу наливают 3 мл брома (осторожно, тяга) и очень осторожно приливают при перемешивании 97 мл тетрахлорида углерода.

3. Известь натронная

Негашеную известь (оксид кальция) в виде порошка смешивают с насыщенным раствором гидроксида натрия (в соотношении 2:1), выпаривают и прокаливают.

4. Натрия ацетат (безводный)

Кристаллическую соль $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ осторожно (во избежание обугливания) нагревают в фарфоровой чашке на асбестовой сетке. Сначала соль легко плавится, затем по мере удаления кристаллизационной воды затвердевает, вспучиваясь. Горячую соль переносят в фарфоровую ступку и растирают в порошок, снова нагревают до начинающегося плавления уже безводной соли. В этот момент нагревание прекращают, соль охлаждают при помешивании палочкой и помещают в банку с притертой пробкой.

5. Углеводороды ненасыщенные жидкие

Для опытов с жидкими ненасыщенными углеводородами можно использовать бензин или керосин: в них содержится некоторое количество смеси алкенов. Больше всего алкенов в крекинг-бензине. Если бензин (керосин) не бесцветен, его перегоняют, собирая бесцветный дистиллят в широких температурных пределах.

**Таблица А. 1 – ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД
АЛКАНЫ $C_n H_{2n+2}$**

Углево- дород	Молекулярная формула	Структурная формула
Метан	CH_4	CH_4
Этан	C_2H_6	CH_3-CH_3
Пропан	C_3H_8	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_3}$
Бутан	C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-CH_3$
Пентан	C_5H_{12}	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-CH_2-CH_3$
Гексан	C_6H_{14}	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-CH_2-CH_2-CH_3$
Гептан	C_7H_{16}	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-CH_2-CH_3$
Октан	C_8H_{18}	$CH_3-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-CH_2-CH_2-CH_3$
Нонан	C_9H_{20}	$CH_3-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Декан	$C_{10}H_{22}$	$CH_3-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-\overset{\overset{CH}{ }}{CH_2}-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

**Таблица А.2 – Энергия связей «углерод-углерод»
(кДж/моль)**

Химическая связь	$C - C$	$C = C$	$C \equiv C$
Энергия связи	348	612	838

**Таблица А.3 – Энергия связей «углерод-неметалл»
(кДж/моль)**

Химическая связь	C – C	C – H	C – O	C – N	C – Cl	C – Br
Энергия связи	348	412	360	305	338	276

Таблица А.4 – Органические радикалы

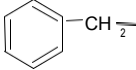
Класс соединений	Примеры
<i>Одновалентные радикалы</i>	
Алканы	$\text{CH}_3\text{—}$ метил; $\text{C}_2\text{H}_5\text{—}$ этил и т.д.
Алкены	$\text{CH}_2=\text{CH—}$ этиленил, винил; $\text{CH}_2=\text{CH—CH}_2\text{—}$ пропенил, аллил
Алкины	$\text{CH}\equiv\text{C—}$ этинил, ацетиленил
Алкадиены	$\text{CH}_2=\text{CH—CH}=\text{CH—}$ бутадиенил
Арены	 фенил  бензил
<i>Двухвалентные радикалы</i>	
Углеводороды	$\text{—CH}_2\text{—}$ метилен; $\text{CH}_3\text{—CH} <$ этилиден; $\text{CH}_2=\text{C} <$ винилиден

Таблица А.5 – Валентность элементов в органических соединениях

Элемент	C	H	O	N	F, Cl, Br, I	P	S
Валентность	IV	I	II	III, IV	I	III, V	II, IV, VI

Учебное издание

Корж Елена Николаевна

**АЛКАНЫ. АЛКЕНЫ. АЛКИНЫ.
БЕНЗОЛ И ЕГО ГОМОЛОГИ**

Практикум по органической химии

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Изд. № 218/2022. Объем 4 п.л. Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,92.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»