МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Курганский государственный университет»

Кафедра физической и прикладной химии

НОМЕНКЛАТУРА, ПРОСТРАНСТВЕННОЕ И ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ, КАЧЕСТВЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Методические указания
к практическим и лабораторным работам
по курсу «Органическая химия»
для студентов направления
04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»

Курган 2018

Кафедра: «Физическая и прикладная химия».

Дисциплина: «Органическая химия» (направление 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»).

Составитель: профессор О.М. Плотникова.

Утверждены на заседании кафедры «16» октября 2017 г.

Рекомендованы методическим советом университета «12» декабря_2017 г.

Практическое занятие
НОМЕНКЛАТУРА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В начале развития органической химии, когда не существовала классификация, органические соединения получали случайные названия по источнику получения, цвету, запаху или химическим свойствам. Эти названия в данное время составляют тривиальную (историческую) номенклатуру. Многие такие названия применяются и в наши дни, например: мочевина, индиго, лимонная, масляная, яблочная, уксусная кислоты, гликоль, аланин и другие.

Рациональная номенклатура

Для соединений несложного строения часто применяется рациональная номенклатура, которая при составлении названия вещества исходит из строения молекулы и соответствующего класса органических соединений.

Так, ***предельные углеводороды*** рассматриваются в качестве замещенных метана, непредельные – в качестве замещенных этилена или ацетилена. Углеводородные радикалы перечисляются по старшинству (т. е. в порядке увеличивающегося числа углеродных атомов) и называются перед словом метан, этилен или ацетилен, соответственно. Остатком молекулы метана считают обычно самый разветвленный (центральный) атом углерода, т. е. атом, который связан с наименьшим числом водородных атомов. Например:

$CH(CH_3)_3$ триметилметан;

CH_3-CH_2-$CH(CH_3)$-$CH(CH_3)$-CH_3 метилэтилизопропилметан;

CH_3-CH=CH-CH_3 симметричный диметилэтилен;

$(CH_3)_2C$=CH_2 несимметричный диметилэтилен.

Если молекула углеводорода имеет ***симметричное строение***, то название может составляться путем добавления приставки ди- к названию радикала, удвоением которого образуется углеводород, или за остаток молекулы метана берется не самый разветвленный атом углерода, например:

CH_3-$CH(CH_3)$-CH_2-CH_2-$CH(CH_3)$-CH_3; CH_3-$CH(CH_3)$-CH_2-$CH(CH_3)$-CH_3.

диизобутил диизопропилметан

Если молекула углеводорода содержит ***атомы галогенов, нитрозо- или нитрогруппы***, то не углеводородные заместители в названии ставят после углеводородных радикалов:

CH_3-CH_2-CH Br -CH_2-CH_2-CH_3; $(CH_3)_2CH$-$CH(CH_3)$-NO_2.

этилпропилбромметан метилизопропилнитрометан

Если из-за сложного строения заместителей не удается назвать углеводород на основе этилена (или ацетилена), то название составляют по правилам для предельных углеводородов, выбирая в качестве центрального атом углерода с наибольшим числом заместителей, при этом непредельные радикалы называют после предельных содержащих тоже число углеродных атомов, например:

$CH_2=CH-C(CH_3)(C_2H_5)CH(CH_3)_2$ – метилэтилвинилизопропилметан.

Одноатомные спирты рассматривают как производные первого члена ряда предельных спиртов – метилового спирта, который называют карбинолом, при этом углеводородные радикалы называют по старшинству перед словом «карбинол»: $(CH_3-CH_2)_2C(OH)CH_3$.

В основу названия двухатомных спиртов принимают этиленгликоль, если при этом гидроксильные группы расположены не у соседних атомов углерода, то в названии указывают число метиленовых групп между гидроксилами:

$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_2(OH)$ – этилэтиленгликоль;

$HOCH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2OH$ – гексаметиленгликоль.

Названия ***альдегидов*** соответствуют названиям кислот, получающихся при окислении альдегидов с тем же числом углеродных атомов. Названия кетонов образуют, перечисляя радикалы, связанные с карбонильной группой, и добавляя при этом слово «кетон»:

CH_3-CHO – уксусный альдегид;

$CH_3-CH_2-CO-CH_2-CH_2-CH_3$ – этилпропилкетон.

Одноосновные кислоты с неразветвленной цепью углеродных атомов имеют тривиальные названия (уксусная, пропионовая, масляная и т. д.), а кислоты, имеющие разветвленные радикалы, рассматривают как производные уксусной кислоты: $(CH_3)_2CH-COOH$ – диметилуксусная кислота;

$Cl_3C-COOH$ – трихлоруксусная кислота;

$CH_3-CHC1-CH_2-COOH$ – β-хлоруксусная кислота.

α, β-непридельные кислоты называют, принимая за основу первый член ряда – акриловую кислоту. Другие непредельные кислоты называют по тем же правилам, как и предельные кислоты. Двухосновным кислотам, имеющим неразветвленную цепь углеродных атомов, дают названия соответствующего углеводорода (при подсчете числа углеродных атомов углероды карбоксильных групп не принимаются во внимание) с добавлением окончания «-дикарбоновая кислота»: $CH_2=C(CH_3)COOH$ – α-метилакриловая кислота;

$CH_2=CH-CH_2-CH_2-COOH$ – аллилуксусная кислота;

$HOOC-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$ – пропандикарбоновая кислота.

Названия окси-, кето- и аминокислот составляют из тривиальных названий соответствующих одноосновных кислот и приставок «окси-», «кето-», «амино-», обозначая местоположение этих групп греческими буквами (α-альфа, β-бета, γ-гамма, δ-дельта, ε-эпсилон).

Альдегидокислоты имеют тривиальные названия, например:

CH_3-CH(OH)-COOH – α-оксипропионовая кислота;

CH_3-C(=O)-CH_2-COOH – β-кетомасляная кислота;

NH_2-CH_2-COOH – глицин или аминоуксусная кислота;

CHO-COOH – глиоксиловая.

Названия ***аминов*** производят от названий радикалов, связанных с атомом азота, с добавлением «-амин» диамины неразветвленного строения называют согласно количеству метиленовых групп с добавлением окончания «-диамин»; соли аминов – в соответствии с названиями амина и кислоты:

CH_3-NH-$CH_2CH_2CH_3$ – метилпропиламин;

NH_2-$CH_2CH_2CH_2CH_2$-NH_2 – тетраметилендиамин;

$[CH_3\text{-}CH_2\text{-}NH_3]^+Cl^-$ – солянокислый этиламин.

Ароматические соединения рассматривают как производые бензола (или нафталина), указывая взаимное положение заместителей словами орто-, мета-, пара-, оставляя первые буквы о-, м-, п-. Иногда используют в качестве основного углеводорода толуол. Напимер, о-дибромбензол, п-нитроэтилбензол, м-толуолсульфокислота.

Теория строения А.М. Бутлерова дала строгую основу для классификации и номенклатуры органических соединений по структурным элементам и по расположению атомов углерода в молекуле. Название каждого органического соединения должно быть таким, чтобы по названию можно было написать единственную правильную структурную формулу. Однако проблемы номенклатуры остаются достаточно сложными. Стремление создать единую химическую номенклатуру для органических соединений возникло в 80-е годы XIX века. Это осуществилось в 1892 году на международном съезде химиков в Женеве. Съезд утвердил правила номенклатуры органических соединений, которые вошли в органическую химию под названием «женевская номенклатура». На основе женевской номенклатуры создан справочник органических соединений Бельштейна. Новый номенклатурный съезд химиков состоялся в Льеже, где были приняты дополнительные правила, основанные на принципах удобства и краткости (Льежская номенклатура).

Номенклатура ИЮПАК

В последние десятилетия усовершенствованием номенклатуры органических соединений занимается Международный союз теоретической и прикладной химии – ИЮПАК (International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAK – Международный союз теоретической и прикладной химии). Съезды ИЮПАК в 1957 и 1965 гг. рекомендовали разработанную специальной комиссией номенклатуру, которая и называется «номенклатура ИЮПАК», которая широко используется в научной и учебной литературе.

Для пользования номенклатурой ИЮПАК необходимо знать ряд номенклатурных терминов – органический радикал, родоначальная структура, характеристическая группа, заместитель.

Органический радикал – остаток молекулы, из которой удалены один или несколько атомов водорода, и при этом одна или несколько валентностей остаются свободными.

Родоначальная структура – химическая структура, составляющая основу называемого соединения – это главная углеродная цепь в ациклических соединениях и цикл в карбоциклических и гетероциклических соединениях.

Характеристическая группа – функциональная группа, связанная с родоначальной структурой или частично входящая в нее.

Заместитель – любой атом или группа атомов замещающие в исходном соединении атом водорода, т. е. заместителем могут быть характеристическая группа или углеводородный радикал.

1 Рассмотрим названия распространенных углеводородных радикалов.

Названия радикалов алканов обычно получают путем замены суффикса -ан на другие: для одновалентных радикалов на суффикс -ил (общее название – «алкилы» – R), для двух валентных радикалов со свободными валентностями на концах углеродной цепи – на суффикс -илен, для двух валентных радикалов со свободными валентностями у одного атома углерода – на суффикс -илиден.

Одновалентные радикалы алканов неразветвленного строения:

метил CH_3-, этил CH_3-CH_2-, пропил CH_3-CH_3-CH_2-;

бутил CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-;

пентил (амил) $CH_3(CH_2)_3CH_2$- и т. д.

Одновалентные радикалы алканов разветвленного строения:

изопропил $(CH_3)_2CH$- (вторичный);

изобутил $(CH_3)_2CH$-CH_2- (первичный);

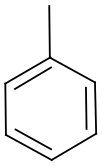
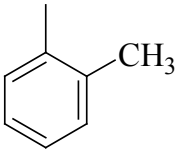
втор-бутил CH_3-CH_2-$CH(CH_3)$- (вторичный);

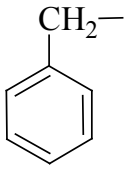
изопентил $(CH_3)_2CH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}$ (первичный);
неопентил $(CH_3)_3C\text{-}CH_2\text{-}$ (вторичный);
трет-бутил $(CH_3)_3C\text{-}$ (третичный).

Двух- и трехвалентные радикалы:
метилен $\text{-}CH_2\text{-}$, этилен $\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}$;
пропилен $\text{-}CH_2\text{-}CH(CH_3)\text{-}$, триметилен $\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}$;
этилиден $CH_3\text{-}CH=$, изопропилиден $(CH_3)_2C=$;
этилидин $CH_3\text{-}C\equiv$;
бензилиден $C_6H_5CH=$ (бензаль).

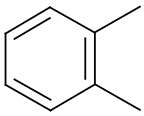
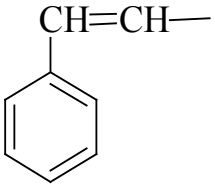
Одновалентные радикалы непредельных углеводородов имеют окончания -енил или -инил, однако для некоторых, как исключение, сохраняются несистематические названия:
1-пропенил $CH_3\text{-}CH=CH\text{-}$;
2-бутенил $CH_3\text{-}CH=CH\text{-}CH_2\text{-}$;
этинил $HC\equiv C\text{-}$;
винил $CH_2=CH\text{-}$;
аллил $CH_2=CH\text{-}CH\text{-}$;
пропаргил $HC\equiv C\text{-}CH_2\text{-}$.

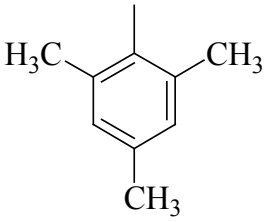
Названия одновалентных радикалов ароматических углеводородов (аренов, Ar) имеют также окончания -ил и образуются либо от соответствующих тривиальных названий, либо рассматриваются как замещенный фенил, при этом нумерация начинается с атома углерода со свободной валентностью. Для радикала с двумя свободными валентностями сохраняется название фенилен. Например:

фенил  ; *о*-толил 

; бензил 

;

о-фенилен  ; стирил 

; мезитил 

.

Для радикалов с одной свободной валентностью в боковой цепи сохраняются тривиальные названия:

бензил C_6H_5-CH_2- ;

стирил C_6H_5-CH=CH-;

фенэтил C_6H_5-CH_2-CH_2- ;

тритил (трифенилметил) $(C_6H_5)_3C$-.

Радикалы могут быть образованы не только от углеводородов, но и от других органических соединений.

Например, радикалы спиртов RO- (алкокси) и фенолов ArO- (арилокси) называют, добавляя окончание -окси к названию радикала, хотя некоторые алкилокси- и арилоксигруппы имеют сокращенные названия, так:

пентилокси C_5H_{11}-O- ; аллилокси CH_2=CH-CH_2-O- ;

бензилокси C_6H_5-CH_2-O- ; метилендиокси -OCH_2O- .

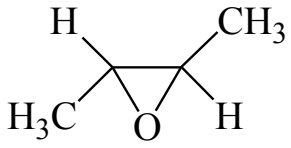
Но: метокси CH_3O- ;

этокси C_6H_5O- ;

пропокси C_3H_7O- ;

фенокси C_6H_5O- .

Радикалы -O- простых циклических эфиров называют эпокси-, например:



2,3-эпоксибутан.

Ацильные радикалы (ацилы) образуются от карбоновых кислот:

формил HCO- ; бензоил C_6H_5CO-;

ацетил CH_3CO- ; оксалил –CO-CO-;

пропионил CH_3CH_2CO- ; малонил –CO-CH-CO-;

бутирил $CH_3CH_2CH_2CO$- ; акрилоил CH_2=CH-CO-.

Радикалы от аминов называют, например, так:

анилино- -C_6H_5NH-; 2-аминоэтил- NH_2CH_2-;

n-толуидино- $CH_3C_6H_4NH$-; этиламино- CH_3CH_2NH- .

Радикалы аминокислот имеют собственные названия:

глицил NH_2-CH_2-CO-; серил NH_2-CH(CH_2OH)-CO-;

аланил NH_2-CH(CH_3)-CO- и т. д.

2 Названия характеристических (функциональных) групп могут обозначаться приставками и окончаниями или только приставками и только окончаниями. Ниже приводятся важнейшие характеристические группы в порядке убывания их старшинства (атомы углерода, заключенные в скобки, включаются в названия основы соединения – родоначальной структуы) и их названия.

Формула группы	приставка	окончание
-COOH	карбокси-	карбоновая кислота
-(C) OOH	-	-овая кислота
$-SO_3H$	сульфо-	сульфоновая кислота или сульфокислота
-COOR	-	-алкилоат
-COX	галогенформил-	галогенкарбонил или галогенангидрид овой кислоты
$-CONH_2$	карбамоил-	карбоксамид
$-(C)ONH_2$	-	амидовой кислоты
-C≡N	циано-	карбонитрил; -цианид
-(C)≡N	-	-нитрил
-CHO	формил	-карбальдегид
--(C)HO	оксо-	-он
-OH	гидрокси-	-ол
-SH	меркапто-	-тиол
-OR	алкил-окси	-
-SR	алкил-тио	-сульфид
$-NHNH_2$	гидразино-	-
-NHOH	гидроксиламино-	-
$-NH_2$	амино-	-
-F, -Cl	фтор-, хлор-	-* (*- эти группы нефункциональные)
-Br, -I	бром-, иод-	-*
$-N_2$	диазо-	-*
-NO	нитрозо-	-*
$-NO_2$	нитро-	-*

3 Составление названия по заместительной номенклатуре ИЮПАК производят по следующим правилам:

1) определяют основу соединения – родоначальную структуру – это главная углеродная цепь или цикл. Главная углеродная цепь в ациклических соединениях должна иметь:

а) максимальное число характеристических групп, обозначаемых и приставками и окончаниями одновременно;

б) максимальное число кратных связей (двойных и тройных);

в) максимальную длину углеродной цепи;

при этом каждый последующий критерий используют, если предыдущий не привел к однозначному выбору.

2) нумеруют атомы родоначальной структуры так, чтобы старшая характеристическая группа получила наименьший номер. Если старших характеристических групп нет, то цепь или цикл нумеруют так, чтобы заместители и кратные связи получили наименьшие номера (локанты). В гетероцикле первый номер получает гетероатом.

3) называют соединение, при этом кратные связи и старшую характеристическую группу обозначают суффиксами (окончаниями), а остальные заместители (радикалы и другие характеристические группы) называют приставками в алфавитном порядке (табл. 1). Следует обратить внимание на то, что правила ИЮПАК не указывают каким именно алфавитом необходимо пользоваться, поэтому последовательность заместителей у разных авторов может быть различной.

Таблица 1 – Схема названия

Приставки	Название родоначальной структуры		Окончание
	корень	суффикс	
Все заместители в едином алфавитном порядке (можно в порядке старшинства)	Главная цепь, цикл или гетероцикл	Степень насыщенности: -ан, -ен, -ин	Старшая характеристи-ческая группа

Положение каждого заместителя и каждой кратной связи указывают цифрами, соответствующими номеру атома углерода (для кратной связи указывают наименьший номер). Цифры ставят перед приставками и после суффиксов, однако цифра указывающая положение кратной связи или старшей характеристической группы, может стоять и перед корнем названия родоначальной структуры.

Например: C^6H_3-$C^5H(OH)$-$C^4H(CH_3)$-C^3H=C^2Br-C^1H=O .

2-бром-5-гидрокси-4-метил-2-гексеналь

Рассмотрим более подробно некоторые **правила ИЮПАК**.

Названия углеводородов

1 Направление нумерации самой длинной цепи выбирают так, чтобы:

а) двойные и тройные связи получили наименьшие номера (даже если при этом тройная связь получит меньший номер), если же при нумерации возможен выбор, то наименьшие номера получают двойные связи, например:

CH_3-CH=CH-C≡CH 3-пентен-1-ин, *но не* 2-пентен-4-ин;

б) номера заместителей были наименьшими; если при нумерации цепи с разных концов получаются различные ряды цифр, то их сравнивают в порядке возрастания; наименьшими считают цифры того ряда, в котором первая отличающаяся цифра меньше: 2,3,5 меньше 2,4,5; или 2,7,8 меньше 3,4,9. Этот принцип соблюдается независимо от природы заместителей. Если можно выбрать несколько цепей равной длины, то главную выбирают с наибольшим числом заместителей, т.е. заместители должны иметь более простое строение:

2,2,5-триметил-4-этилгексан, *но не* 2,2-диметил-4-изопропилгексан;

в) главную цепь у разветвленных непредельных углеводородов выбирают так, чтобы она содержала максимальное число двойных и тройных связей:

HC≡C-C(CH_2-CH_2-CH_3)=C(CH_2-CH_2-CH_3)-CH=CH_2 .

3,4-дипропил-1,3-гексадиен-5-ин

2 Разветвленные алкильные радикалы нумеруют от углерода со свободной валентностью:

CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH(CH_3)- 1-метилпентил;

CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_2- 4-метилпентил.

3 Если имеются несколько разных боковых радикалов, то в названии их можно перечислять: а) в алфавитном порядке; б) в порядке усложнения.

Алфавитный порядок:

а) сначала по алфавиту размещают названия радикалов, а затем ставят умножающие приставки ди-, три-, тетра- и т.д.:

CH_3-CH_2-CH_2-CH(CH(CH_3)$_2$)-CH_2-C(CH_3)$_3$;

4-изопропил-2,2-диметилгептан, *изопропил* ставят раньше *метила*

б) название сложного разветвленного радикала в скобках размещается с учетом первой буквы умножающей приставки:

7-(1,2-диметилпентил)-5-изопропилтридекан, т. е. *диметилпентил* как самостоятельный заместитель располагается в алфавитном порядке по букве «д».

Порядок усложнения:

а) менее сложным является радикал, у которого общее количество атомов углерода меньше:

CH_3-$CH(CH_3)$-CH_2- более простой, чем CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2- ;

б) при равном числе углеродных атомов более простым является менее разветвленный радикал, т. е. у которого более длинная основная цепь:

CH_3-CH_2-$CH(CH_3)$-CH_2- более простой, чем $(CH_3)_3C$-CH_2- ;

в) насыщенный радикал более простой, чем ненасыщенный:

CH_3-CH_2-CH_2- более простой, чем CH_3-CH=CH-;

г) при названии заместителей в порядке усложнения в соединении, которое имеет и функциональные группы и радикалы, сначала называются функциональные группы по старшинству, а затем радикалы в порядке усложнения, например:

CH_3-CH_2-$CH(CH(OH)CH_2Cl)$-$CH(CH_3)CH_3$.

2-гидрокси-1-хлор-4-метил-3-этил-пентан

4 Если два радикала одинаково удалены от концов главной углеродной цепи, то более низкий номер получает тот радикал, который в названии перечисляется первым, независимо от того, применялся ли алфавитный порядок или порядок возрастающей сложности, например:

CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$CH(CH_3)$-$CH(C_4H_9)$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 .

Название в алфавитном порядке: 5-бутил-6-метилдекан.

Название в порядке усложнения: 5-метил-6-бутилдекан.

5 Если в разветвленном углеводороде имеются цепи равной длины, то в качестве главной цепи выбирают (последовательно):

а) цепь, имеющую наибольшее число радикалов:

CH_3-CH_2-$CH(CH_3)$-$CH(CH_2CH_2CH_3)$-$CH(CH_3)$-$CH(CH_3)$-CH_3 ;

2,3,5-триметил-4-пропилгептан, *но не* 2,3-диметил-4-вторбутилгептан

б) цепь, в которой радикалы имеют наименьшие номера:

CH_3-CH_2-$CH(CH_3)$-$CH(CH_2$-$CH(CH_3)_2)$-CH_2-$CH(CH_3)_2$.

4-изобутил-2,5-диметилгептан, *но не* 4-вторбутил-2,6-диметилгептан

6 Ароматические углеводороды называют как производные бензола (наименьший номер получает заместитель, перечисляемый первым или в алфавитном порядке или в порядке возрастания) для дизамещенных бензола могут быть использованы приставки орто-, мета-, пара- (о-,м-,п-). Если

вводимый радикал не идентичен уже имеющемуся, то арен может рассматриваться как гомолог толуола, ксилола, кумола и т.д., при этом наименьший номер присваивается уже присутствующему заместителю. Например: 3-этил-*о*-ксилол; 1,2,3-триметилбензол, *но не* 2,3-диметилтолуол; 4-этилстирол или *п*-этилстирол; 1-бутил-3-пропил-4-этилбензол.

Примеры полифункциональных соединений:

1) 2-этил-2-бутен-1-ол;
2) 4-гидроксипентаналь;
3) 3-винил-2-гептен-6-иналь;
4) 3-формил-1,6-гександиаль;
5) 3-пентен-2-он;
6) 4-бутил-2,4-пентадиеновая кислота;
7) 2-метиламино-1-фенилпропанол-1 (эфедрин);
8) 3-гидрокси-2-фенилпропановая кислота;
9) 1-(3,4-дигидроксифенил)-2-аминоэтанол;
10) 2-амино-3-меркапто-3-метилбутановая кислота (используется при отравлении тяжелыми металлами);
11) гидрохлорид 3-амино-1-(3,4-ди-оксифенил)-3-метил-1-бутанола (изадрин – используется при астме).

Задачи для самостоятельного решения

1 Напишите структурные формулы соединений и назовите их по систематической номенклатуре ИЮПАК:

1) а) метилэтилизопропилметан;
б) *трет*-бутилэтилен;
в) дивинил;
г) *втор*-бутилизобутилацетилен;
д) перфторэтилен;
е) диметилизопропилкарбинол;
ж) метилпропилнитрометан;
з) диацетил;
и) хлоруксусная кислота.

2) а) триметилизопропилметан;
б) *симм*-диизопропилэтилен;
в) диаллил;
г) *трет*-бутилацетилен;
д) хлороформ;
е) пропилизопропилкарбинол;
ж) метилнеопентилнитрометан;
з) формилуксусный альдегид;
и) α-оксипропионовая кислота (молочная).

3) а) метилпропил-трет-бутилметан;
б) *несимм*-пропил-*втор*-бутилэтилен;
в) изопрен;
г) этилизопропилацетилен;
д) пропаргилиодид;
е) этилбутилизобутилкарбинол;
ж) ди-*втор*бутилметан;
з) этилвинилкетон;
и) α-амино-β-оксипропионовая кислота (серин).

4) а) диэтилизобутилметан;
б) триметилэтилэтилен;
в) метилизопрен;
г) метилэтилацетилен;
д) аллилбромид;
е) метил-*втор*бутил-*трет*-бутилкарбинол;
ж) метилпропаргилнитрометан;
з) метилизобутилкетон;
и) оксиуксусная кислота (гликолевая).

2 Напишите структурные формулы соединений и назовите их (где это возможно) по рациональной номенклатуре:

1) а) 2,3,4-триметилпентан;
б) 3,4-диметил-3-гексен;
в) 1,5-гексадиен;
г) 2,5-диметил-3-гептин4
д) 1,4-дихлор-4-метилпентан;
е) 2,4-диметил-2-метокси-3-гексанол;
ж) N-этил-N-(2-метил-2-бутил)амин;
з) 3-бутеналь;
и) 4-гидрокси-2-бутеновая кислота (γ-оксипротоновая).

2) а) 3,3 диметилгексан;
б) 2,3,5-триметил-2-гексен;
в) 2,3-диметил-1,3-бутадиен;
г) 1,5-гексадиен-3-ин;
д) 1-бром-4-хлор-2,3-диметилбутан;
е) 2,3-диметил-3-этокси-1-пентанол;
ж) 4-амино-1-бутанол;
з) 4-метил-2-пентанон;
и) 3,5-диметил-4-этилгексановая кислота.

3) а) 2,4-диметил-3-этилпентан;
б) 2,2,5,5-тетраметил-3-гексен;
в) 1,2-бутадиен;
г) 2-гексин;
д) 5-бром-3-метил-1-пентен;
е) 4-метокси-1-бутанол;
ж) N,N-диметил-2-петанамин;
з) 4-пентин-2-он;
и) 2,2,3-триметилбутановая кислота.

4) а) 2,2,3,3-тетраметилметаноктан;
б) 2-метил-3,4-диэтил-3-гексен;
в) 2-метил-1,3-бутадиен;
г) 4-метил-2-пентин;
д) 3-иод-1-пентен-4-ин;
е) 2-метокси-2-бутанол;
ж) 1,3-пропандиамин;
з) 3-бутеналь;
и) 4-метил-2-этилпентановая кислота.

Практическое занятие

ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Основные вопросы программы

1 Электронная структура элементов-органогенов.

2 Электронная теория:

1) химические связи в органических соединениях;

2) характеристика ковалентной связи: энергия, длина, кратность, полярность, поляризуемость, направленность. Квантовомеханическое описание ковалентной связи;

3) октетные формулы Льюиса. Понятия об эффективном и формальном зарядах атомов в молекуле, изоэлектронных структурах.

3 Теория гибридизации:

1) тетраэдрическая (sp^3) гибридизация атомов углерода, азота, кислорода. Электронное строение, направленность в пространстве. Схема σ-связей в молекулах алканов, этилового спирта, метиламина. Полярность связей и полярность молекул;

2) тригональная (sp^2) гибридизация атомов углерода, кислорода, азота. Электронное строение, направленность в пространстве. Схема π- и σ-связей в молекулах алкенов, уксусной кислоты, нитрометана, мочевины, пиррола;

3) диагональная (sp) гибридизация. Электронное строение, направленность в пространстве. Схема π- и σ-связей в молекулах ацетилена, аллена, оксида углерод (IV);

4) энергия, длина и поляризуемость простой, двойной и тройной связи. Зависимость значений электроотрицательности и ковалентного радиуса от валентного состояния атома углерода.

4 Теория электронных смешений:

1) индуктивные эффекты: +I, -I. Зависимость значений I-эффекта от эффективной электроотрицательности заместителей. Затухание индуктивного эффекта по цепи σ-связей, его аддитивность. Влияние I-эффектов на физические и химические свойства;

2) мезомерные эффекты: неполярный (M) и полярные (+M, -M). Типы сопряжений: π, π; p, π; p, p; σ, π. Предельные структуры, мезоструктура. Вид единой π-МО, энергия мезомерии, влияние на устойчивость системы. Влияние мезомерных эффектов на физико-химические свойства.

Основные понятия

1 Структурная формула – пространственное изображение молекул, показывающее все ковалентные связи.

2 Квантовые числа электронов:

1) главное квантовое число (n) – характеризует основное расстояние (энергию) электрона до ядра и численно равно номеру энергетического уровня и количеству энергетических подуровней в нем. n=1, 2, 3, … n. Максимальное количество электронов на энергетическом уровне равно 2 n^2;

2) орбитальное (азимутальное) квантовое число (I) – определяет форму электронного облака. I=0, 1, 2, …(n-1);

3) I=0(s), I=1(p), I=2(d), I=3(f). Таким образом, для электрона первого энергетического уровня (n=1) возможна только одна форма орбитали (s), для электронов второго уровня (n=2) – две формы орбиталей (s и p), для третьего – три (s, p и d) и т. д.;

4) магнитное квантовое число (m_I) – характеризует пространственное расположение орбиталей. m_I=-1, -1+1, … 0 … ,+1-1, +1. Магнитное квантовое число указывает на число орбиталей с данным значением I. Число орбиталей с данным значением I равно (2I+1). Таким образом, s-состоянию отвечает одна орбиталь, p-состоянию - три, d-состоянию – пять и т. д.;

5) спиновое квантовое число (m_s) – упрощенно описывает собственное вращение электрона вокруг своей оси: m_s= -1/2 и +1/2. На одной орбитали может находиться только два электрона, при этом их спины должны быть противоположными.

3 Атомная орбиталь (АО) – часть пространства, в которой вероятность нахождения электрона максимальна.

4 Молекулярная орбиталь (МО) – это линейная комбинация атомных орбиталей (ЛКАО) всех атомов, составляющих молекулу. МО образуется при перекрывании АО; электроны при этом делокализуются, причем число образующихся МО равно числу АО, из которых образуются МО.

Связывающая МО ($\sigma^{св}$) – образуется сложением волновых функций АО и имеет низкую энергию, чем образующие её АО, т. е. нахождение на ней электронов уменьшает общую энергию молекулы и обеспечивает связывание атомов, при этом вероятность нахождения электронов между ядрами максимальна.

Разрыхляющая МО ($\sigma^{разр}$) – образуется вычитанием волновых функций АО и имеет высокую энергию; нахождение на ней электронов не вызывает сил связывания, т. е. вероятность нахождения электронов между ядрами равно нулю.

Несвязывающая МО – образуется за счет АО, несущих неподеленную электронную пару (НЭП) и не участвующих в химических связях, и находится между связывающей и разрыхляющей орбиталями.

5 Метод валентных связей – один из подходов для описания ковалентной связи, согласно которому АО в молекуле сохраняет свою индивидуальность; спаренные электроны остаются на АО связанных атомов и локализуются между ядрами, образуя область с повышенной электронной плотностью.

6 Метод молекулярных орбиталей – один из подходов для описания ковалентной связи, согласно которому электроны связи не локализованы на АО, а делокализованы и находятся на МО.

7 Химическая связь – результат взаимодействия внешних электронных оболочек атомов, молекул и других реагирующих частиц (радикалов, ионов), сопровождающийся перераспределением электронной плотности, перестройкой старых и возникновением новых орбиталей. В зависимости от характера распределения электронной плотности в веществе различают три основных типа химической связи: ковалентную, ионную и металлическую.

8 Ионная связь – это связь, которая образуется в результате перехода одного или нескольких электронов с внешних орбиталей менее электроотрицательного атома на внешние орбитали более электроотрицательного атома: возникают разноименные ионы. В кристаллическом состоянии ионы удерживаются за счет электростатических взаимодействий. В органических соединениях ионная связь встречается редко.

9 Ковалентная связь – это связь, которая образуется путем обобщения электронов двумя и более атомами и может быть полярной и неполярной. В зависимости от способа перекрывания электронных облаков различают σ- и π-ковалентные связи:

а) σ-связь образуется при перекрывании электронных облаков вдоль линии соединения атомов (осевое перекрывание);

б) π-связь возникает при перекрывании электронных облаков по обе стороны от линии соединения атомов (боковое перекрывание).

10 Коллигация – это способ образования ковалентной связи путем обобщения двух электронов от каждого атома по одному.

11 Координация – способ образования ковалентной связи, при котором один из атомов, имеющий в своей валентной оболочке вакантную орбиталь для двух электронов, присоединяет неподеленную электронную пару другого атома.

12 Донорно-акцепторная связь – это ковалентная связь, образованная методом координации за счет пары электронов донора; при этом дипольный момент связи направлен в сторону атома-донора. Разновидностью

координационной связи является семиполярная связь, которая образуется при связывании нейтральных частиц, в результате чего происходит перераспределение электронной плотности и дипольный момент связи направлен в сторону атома-акцептора.

13 Водородная связь – это связь, возникающая между нейтральными молекулами за счет сильного диполь-дипольного взаимодействия в том случае, если атом водорода в молекуле связан с одним из электроотрицательных атомов – фтором, хлором или азотом. В органических соединениях водородная связь может возникать между группами внутри молекулы; такая связь называется межмолекулярной водородной связью.

14 Энергия связи – это количество энергии, выделяющееся при образовании данной связи и необходимое для ее разрыва.

15 Длина связи – это расстояние между центрами ядер связанных атомов.

16 Поляризуемость связи – это мера смещения электронов связи, т.е. ее способность становиться популярной, под влиянием внешнего электрического поля, в том числе другой реагирующей частицы или растворителя.

17 Полярность связи – обуславливается неравномерным распределением (поляризацией) электронной плотности, зависит от размеров и электроотрицательности атомов и количественно определяется величиной дипольного момента связи.

18 Дипольный момент – это мера разделения положительных и отрицательных зарядов в полярных молекулах, которая определяется произведением величины заряда на расстоянии между центрами зарядов $\mu=1*q$.

19 Электроотрицательность – это способность атома в молекуле притягивать валентные электроны связывающие его с другими атомами. Чем больше элетроотрицательность атома, тем сильнее он притягивает электроны ковалентной связи.

20 Эффективный заряд (δ^+, δ^-) – качественное отражение неравномерного распределения электронной плотности в молекуле.

21 Степень окисления – количественное отражение неравномерного распределения электронной плотности; под степенью окисления понимают электрический заряд атома в соединении, вычисленный исходя из предположения, что соединение состоит из ионов.

22 Формальный заряд атомов в соединении вычисляется по уравнению: (валентные электроны) – (обобщенные электроны)/2 – (неподеленные электроны) = F.

23 Ковалентность атома – суммарное количество ковалентных связей атома.

24 Ковалентные радиусы – половина межъядерного расстояния (с учетом гидибридизации атома).

25 Гибридизация – смешение электронных орбиталей разных типов одного атома, в результате чего первоначальная форма и энергия орбиталей взаимно изменяются, и образуются гибридные орбитали новой одинаковой формы и одинаковой энергии.

26 Тип гибридизации (sp^x) в органических соединениях определяется по следующему правилу: n=(число заместителей)+(число НЭП). При n=4 тип гибридизации sp^3, при n=3 – sp^2, при n=2 – sp. Но атом из sp^3 гибридизации будет переходить в sp^2гибиридизацию если он имеет НЭП и связан с атомов в sp^2 гибридизации.

27 Изоэлектронные молекулы и ионы – те, которые имеют одинаковое число валентных электронов и сходное строение молекулярных орбиталей (одинаковое электронное строение).

28 Индуктивный эффект – передача электронного влияния заместителей по системе σ-связей.

29 Мезомерный эффект (сопряжение, мезомерия) – это перераспределение электронной плотности в системе π-связей, что приводит к выравниванию связей и зарядов в реальной молекуле.

30 Электоноакцепротные заместители – те, которые притягивают электронную плотность от остатка молекулы: R→Y.

31 Электронодонорные заместители – те, которые отдают электронную плотность остатку молекулы: R←X.

32 Предельные (резонансные, граничные) структуры – это стркутуры, которые отличаются друг от друга распределением электронной плотности в системе π-связей и не существуют реально. Истинное состояние молекулы является промежуточным между предельными структурами и отображается мезо-структурой.

33 Энергия сопряжения или энергия резонанса (ΔE_π) – разность между действительным значением энергии и энергией гипотетического состояния, описываемого классической формулой, с увеличением длины сопряженной цепи увеличивается перекрывание орбиталей и делокализация р-электронов, что приводит к возрастанию энергии сопряжения и термодинамической устойчивости молекулы.

Примеры решения задач

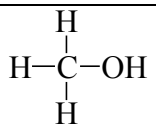
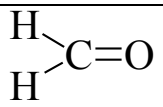
Задача 1. Напишите изоэлектронный катион и анион для молекулы аммиака и вычислите формальный заряд центрального атома.

Решение

$\ddot{N}H_3$	$^{\ominus}\ddot{C}H_3$	$H_3\ddot{O}^{\oplus}$
F(N)=5-6/2-2=0	F(C)=4-6/2-2= -1	F(O)=6-6/2-2= +1

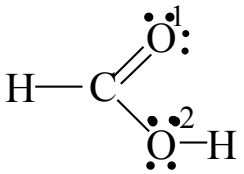
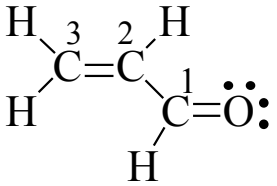
Задача 2. Определите ковалентность, формальный заряд и степень окисления атома углерода в соединениях: CH_3OH, HCOH.

Решение

	
ковалентность (C)=4 F (C) = 4-8/2=0 ст. ок. (C) =x x+3*(+1)+(-2)+1=0, отсюда x=-2	ковалентность (C)=4 F (C)=4-8/2=0 ст. ок. (C)=x x+3+(-2)+1=0, отсюда x=0

Задача 3. Укажите тип гибридизации атомов углерода и кислорода в следующих соединениях: HCOOH и $H_2C{=}CH{-}CHO$. Обозначьте все не поделенные пары электронов.

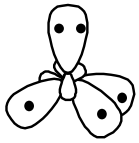
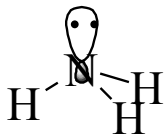
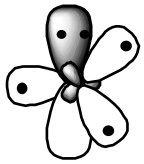
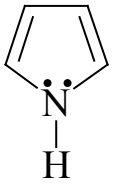
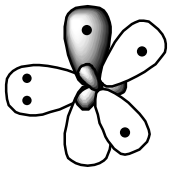
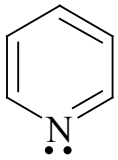
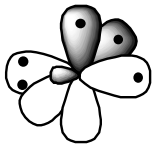
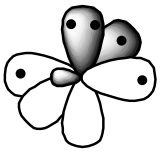
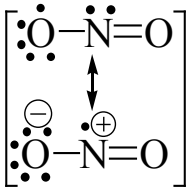
Решение

Соединение	Число заместителей + НЭП	Тип гибридизации
	п (C)=3+0=3 п (O^1)=1+2=3 п (O^2)=2+2=4	sp^2 sp^2 sp^2 (исключение)
	п (C^1)=3+0=3 п (C^2)=3+0=3 п (C^3)=3+0=3 п (O)=1+2=3	sp^2 sp^2 sp^2 sp^2

Задача 4. Написать все возможные случаи распределения электронов по орбиталям sp^3- , sp^2-, sp-гибридизованного атома азота. Привести примеры соединений соответствующего строения.

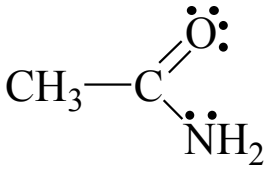
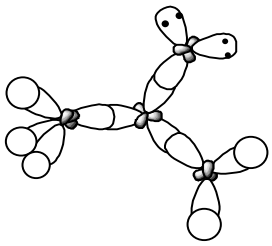
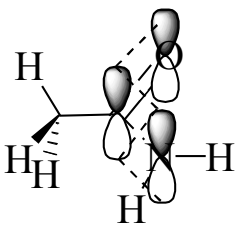
Решение

Электронная формула азота: $_7N\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^3$.

Тип гибридизации	Гибридные орбитали	Распределение электронов	Пример соединения
sp^3		3 σ-связи, $3sp^3$-орбитали, 1 НЭП, $1sp^3$-орбиталь	
sp^2		3 σ-связи, $3sp^3$-орбитали, 1 НЭП, 1p-орбиталь	
		2 σ-связи, $2sp^2$-орбитали, 1 π-связь, 1p-орбиталь, 1 НЭП, $1sp^2$-орбиталь	
sp		1 σ-связь, 1sp-орбитали, 2 π-связи, 2p-орбитали, 1 НЭП, 1sp-орбиталь	
		2 σ-связи, 2sp-орбитали, 1 π-связь, 1p-орбиталь, 1 НЭП, 1p-орбиталь	

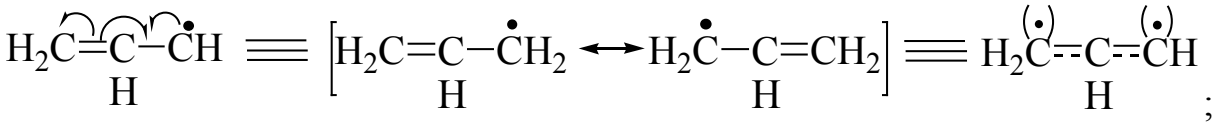
Задача 5. Нарисуйте схемы σ- и π-связей для ацетамида.

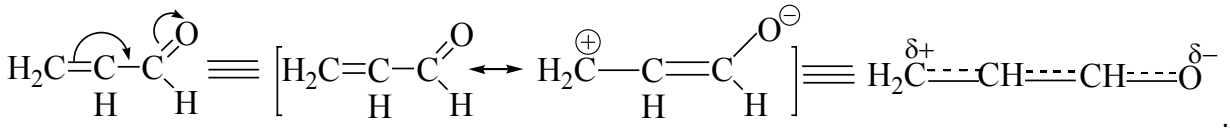
Решение

		
Ацетамид	Схема σ-связей	Схема π-связей

Задача 6. Опишите делокализацию электронов в аллильном радикале и акролеине с помощью изогнутых стрелок, набором предельных (резонансных структур), мезоформулы. Для акролеина нарисуйте схемы σ- и π-связей.

Решение

а) 

б) 

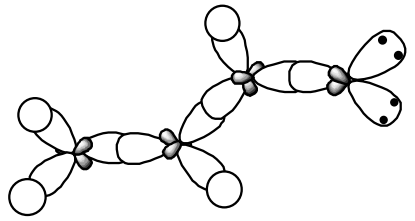
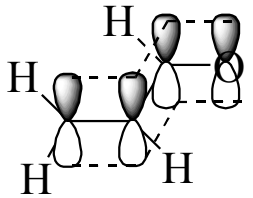
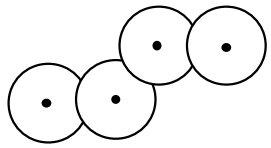
		

Схема σ-связей	Схема π-связей	Вид π-электронного облака

Задачи для самостоятельного решения

1 Дайте характеристику элементам, входящих в состав органических соединений. Напишите электронные и электронографические формулы атомов элементов бора, углерода, азота, кислорода, фтора, кремния, фосфора, серы, хлора. Объясните, почему атомы B, C, P, S, Cl, в отличие от N, O, F могут возбуждаться.

2 Дайте определение понятием: атом, катион, анион, радикал. Укажите точками все внешние электроны в следующих частицах:

а) $H^{\cdot}$, H^{-}, H^{+}; б) Br , Br^{-}, Br^{+}; в) $CH_3^{\cdot}$, CH_3^{-}, CH_3^{+}; г) $HO^{\cdot}$, HO^{-}, HO^{+}, H_3O^{+}.

Назовите эти частицы.

3 Напишите изоэлектронные катион и анион для следующих соединений:

а) метан; б) вода; в) хлороводород; г) сероводород. Вычислите формальный заряд каждого атома.

4 Напишите структурные формулы с обозначением не поделенных пар электронов:

а) $(CH_3)_3N\rightarrow O$, $NaNH_2$; б) $CH_3\text{-}NO_2$, H_2SO_4;

в) CH_3CH_2ONa, H_3PO_4; г) CH_3COOK, HNO_3.

5 Определите ковалентность и степень окисления атома углерода в соединениях:

а) C_2H_5OH, $CH_3C(O)CH_3$; б) CH_3CHO, $HC(O)OCH_3$,

в) CH_3COOH, $CH_2{=}CH_2$; г) $HCOOH$, $HC{\equiv}CH$.

6 Используя октетные формулы Льюиса, допишите уравнения:

а) $CH_3NH_2 + HBr \rightarrow \ldots$; б) $AlBr_3 + Br_2\rightarrow \ldots$;

в) $C_2H_5OC_2H_5 + HCl\rightarrow \ldots$; г) $BF_3 + C_2H_5OH\rightarrow \ldots$.

7 Используя правила для определения гибридизации, определите тип гибридизации атомов углерода, кислорода и азота в следующих соединениях:

а) $CH{\equiv}CH\text{-}CH{=}CH_2$, $CH_3\text{-}C{\equiv}N$; б) $H_2C{=}C{=}O$, C_5H_5N: ;

в) CO_2, $CH{=}CH\text{-}CH_2$, г) $HC{\equiv}CH$, $NH_2C(O)NH_2$.

8 Напишите возможные случаи распределения электронов по орбиталям sp^3- и sp^2-гибридизованного атома кислорода. Нарисуйте схемы сигма- и пи-связей с обозначением всех несвязывающих электронов для уксусной кислоты и этилового спирта.

9 Нарисуйте схемы сигма- и пи-связей для приведенных соединений и ионов с обозначением всех несвязывающих электронов:

а) ацетат-ион; б) хлористый винил; в) нитроний-катион;

г) бензальдегид; д) фенолят-ион; е) аллильный катион.

10 Напишите структурные формулы, обозначьте все НЭП и опишите делокализацию электронов указанных молекул и частиц с помощью изогнутых стрелок, предельных структур и мезоформул:

а) CH_3COOH, $CH_2{=}CH\text{-}CHO$, NO_2^+, C_6H_5CHO;

б) $HC(O)OCH_3$, $CH_2{=}CH\text{-}CH_2^+$, CN^-, $C_6H_5NO_2$;

в) $HC(O)N(CH_3)_2$, $CH_2{=}CH\text{-}Cl$, NO_3^-, C_6H_5OH;

г) $CH_3N(O)O$, $CH_2{=}CH\text{-}COOH$, NO_2^-, C_6H_5Cl.

11 С помощью предельных структур докажите, что данные радикалы являются устойчивыми:

а) трефинилметилильный, б) бензильный, в) аллильный.

Лабораторная работа

КАЧЕСТВЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Органическая химия – это химия углеводородов и их производных. Таким образом, кроме углерода и водорода наиболее распространенными элементами в органических соединениях являются азот, кислород, сера, фосфор и галогены. Для их обнаружения органическое вещество разрушают, и исследуемые элементы переводят в неорганические соединения, для обнаружения которых используют обычные методы аналитической химии:

$$C \longrightarrow CO_2,\quad H \longrightarrow H_2O,\quad S \longrightarrow Na_2S,\quad N \longrightarrow NaCN,\quad Hal \longrightarrow NaHal.$$

Опыт 1. Обнаружение углерода пробой на обугливание

а) на фильтровальной бумаге остроконечной палочкой делают надпись или рисунок 1%-м раствором серной кислоты и дают высохнуть: надпись становится невидимой. Смоченные кислотой участки бумаги при осторожном нагревании над пламенем спиртовки обугливаются – надпись проявляется;

б) растирают в ступке 18 г сахара и переносят в узкий стакан объемом 50 мл, добавляют 2 мл воды и постепенно при непрерывном перемешивании стеклянной палочкой добавляют 8 мл концентрированной серной кислоты. Когда начинается обугливание, смесь вспучивается – в этот момент перемешивание прекращают, палочку ставят по центру сначала вертикально, приподнимают, и черное «эскимо» поднимается вверх;

в) в фарфоровую чашку наливают 1 мл бензола и поджигают его в вытяжном шкафу – бензол горит коптящим пламенем с частичным выделением углерода в виде сажи.

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

Смесь из 0,1-0,2 г сахара и 0,5-1 г порошка оксида меди (II) CuO помещают в пробирку. Пробирку закрепляют почти горизонтально в лапке штатива. Пробирка закреплена правильно, если она не выпадает из лапки и может быть слегка повернута вокруг своей оси.

В верхнюю часть пробирки на маленький комочек ваты насыпают немного обезвоженного сульфата меди (II) $CuSO_4$ (можно поводить без ваты так, чтобы сульфат меди не соскользнул вниз пробирки). Закрываем пробирку пробкой с газоотводной трубкой. Свободный конец газоотводной трубки опускают в пробирку с известковой водой (2-3 мл $Ca(OH)_2$).

Затем нагревают осторожно сначала всю пробирку, а затем, не вынимая ее из пламени, ту часть, где находится вещество. Наблюдают помутнение известковой воды и постепенное изменение цвета сульфата меди.

Не прекращая нагревания пробирки с веществом, вынимают газоотводную трубку из пробирки с водой, в противном случае воду из пробирки может перебросить в раскаленную пробирку с веществом.

Опыт 3. Обнаружение азота и серы сплавлением вещества с металлическим натрием

В сухую маленькую ампулу помещают несколько кристаллов тиомочевины H_2N-CS-NH_2 (не более 0,05 г) и кусочек (с половины горошины) очищенного металлического натрия. Работу проводите в вытяжном шкафу! Взяв ампулу тигельными щипцами, осторожно нагревают ее в пламени спиртовки до вспышки и затем до красного каления (не менее, чем 2-3 минуты). После сплавления содержимое ампулы должно быть серого (а не черного) цвета. После сплавления раскаленную ампулу осторожно помещают в фарфоровую ступку с 5-6 мл воды и тщательно растирают вместе со стеклом. Раствор сливают декантацией, фильтруют и делят на 4 части для последующих опытов.

Обнаружение азота в виде цианида натрия (3а)

К первой части фильтрата добавляют 2-3 капли 5%-го раствора $FeSO_4$, 1-2 капли 1%-го раствора $FeCl_3$ и перемешивают. Наблюдают выпадение осадков гидроксидов железа (II и III). При этом $Fe(OH)_2$ с цианидом натрия образует гексацианоферрат натрия. Затем подкисляют 10%-й соляной кислотой – появляется берлинская лазурь (если осадка образуется мало, то раствор окрашивается в зеленоватый цвет). «Берлинская лазурь» имеет другое название – «турнбулева синь».

Обнаружение серы в виде сульфида свинца, сероводорода и комплексного соединения (3б)

Вторую часть полученного фильтрата подкисляют уксусной кислотой и прибавляют 0,5 мл 2%-го раствора ацетата свинца. Жидкость окрашивается в темно бурый или черный цвет.

К третьей части фильтрата приливают 0,5 мл 2%-го раствора нитропруссида натрия $Na_2[Fe(CN)_5NO]$. Появляется красно-фиолетовое окрашивание, переходящее в бурое.

К четвертой части фильтрата прибавляют 0,5 мл 10%-й соляной кислоты, появляется запах сероводорода.

Опыт 4. Обнаружение галогенов разрушением органического вещества сжиганием

Химический стакан ополаскивают дистиллированной водой. Полоску фильтровальной бумаги (2х4 см) смачивают хлороформом. Работать в вытяжном шкафу! Взяв эту полоску тигельными щипцами, зажигают ее и держат над ней перевернутый вверх дном влажный стакан. После сгорания бумажки в стакан наливают 2-3 мл воды и добавляют несколько капель 1%-го раствора $AgNO_3$, при этом образуется белый творожистый осадок или взвесь белого цвета.

Опыт 5. Проба Бейльштейна на галогены

Медную проволоку с «петелькой» на конце прокаливают в пламени спиртовки до красно-розового цвета (цвет меди), вынимают из пламени и наблюдают образование на ней серебристо-черного налета оксида меди (II) CuO. Проволочку смачивают хлороформом и снова вводят в пламя горелки – появляется ярко-зеленое изумрудное окрашивание.

Примерные вопросы для защиты лабораторной работы

1 Напишите уравнения реакций к 1 опыту:

а) обугливания целлюлозы: $(C_6H_{10}O_5)_n \longrightarrow \ldots + \ldots$;

б) обугливания сахарозы: $C_{12}H_{22}O_{11} + \ldots O_2 \longrightarrow 8C + \ldots$;

в) горения бензола: $2C_6H_6 + \ldots O_2 \rightarrow 4C + \ldots$.

2 Напишите уравнения реакций ко 2 опыту:

а) $C_{12}H_{22}O_{11} + CuO \rightarrow 24Cu + \ldots$;

б) взаимодействие продуктов окисления сахарозы с известковой водой и безводным сульфатом меди.

3 Напишите уравнения реакций к 3а опыту:

$FeSO_4 + NaOH \rightarrow A + Na_2SO_4$;

$FeCl_3 + NaOH \rightarrow B + 3NaCl$;

$A + NaCN \rightarrow C + 2NaOH$;

$C + NaCN \rightarrow Na_4[Fe(CN)_6]$;

$B + HCl \rightarrow D + 3H_2O$;

$Na_4[Fe^{II}(CN)_6] + D \rightarrow Fe^{III}{}_4[Fe^{II}(CN)_6]_3 \downarrow + 12NaCl$,

это уравнение в ионном виде: $4Fe^{3+} + 3[Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 \downarrow$

(гексацианоферрат (II) железа (III) *«нерастворимая берлинская лазурь»*);

$FeCl_3 + K_4[Fe^{II}(CN)_6] \rightarrow KFe^{III}[Fe^{II}(CN)_6] + 3KCl$,

это уравнение в ионном виде: $Fe^{3+} + [Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow Fe[Fe(CN)_6]^{-}$

(гексацианоферрат(II) калия-железа(III) *«растворимая берлинская лазурь»*).

4 Напишите уравнения реакций к 3б опыту:

а) сульфид натрия + ацетат свинца → … + … ;

б) сульфид натрия +нитропруссид натрия →$Na_4[Fe(CN)_5NOS]$;

в) сульфид натрия+HCl → … + … .

5 Напишите уравнения реакций к 4 опыту:

а) разложения хлороформа при сжигании: $CHCl_3 + O_2 \rightarrow HCl$ +… + … ;

б) образование осадка: $AgNO_3$ + …→ … + … .

6 Напишите уравнения реакций к 5 опыту:

а) образования оксида меди: Cu + …→ … ;

б) окисления хлороформа CuO с образованием Cu_2Cl_2 и $CuCl_2$:

$$2CHCl_3 + CuO \rightarrow CuCl_2 + Cu_2Cl_2 + \ldots + \ldots .$$

7 В виде каких соединений обнаруживают в органических веществах углерод, азот, водород, серу, галогены? Напишите соответствующие уравнения реакций.

8 Сформулируйте закон сохранения массы вещества.

9 Какой объем кислорода необходимо для полного сжигания гексана (пл. 0,6594 г/мл):

а) массой 10 г; б) объемом 100 мл; в) количеством вещества 0,5 моль.

10 Объясните, почему бензол, ацетилен горят коптящим пламенем, а метан, этан, этанол – нет? Ответ подтвердите соответствующими расчетами.

11 Определите массу сажи, образующуюся при пиролизе метана объемом 20 $м^3$.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
на вывод молекулярной формулы вещества

Задачи на вывод формулы через массовые доли элементов в веществе

1 В углеводороде массовые доли углерода и водорода равны 84,21% и 15,79% соответственно. Плотность паров вещества по воздуху составляет 3,93. Выведите молекулярную формулу этого вещества. Составьте и назовите структурные формулы всех возможных изомеров.

Решение

Представляем формулу вещества в виде C_xH_y:

1) определяем количество вещества углерода и водорода, взяв для расчетов образец вещества массой 100 г:

n(C) = m(C)/M(C) = 84,21/12 = 7,02 (моль);

n(H) = m(H)/M(H) = 15,79/1 = 15,79 (моль).

2) находим отношение количеств веществ водорода и углерода:

x:y = n(C):n(H) = 7,02:15,79 = 1:2,25 = 4:9.

Простейшая формула углеводорода C_4H_9.

3) рассчитываем молярную массу углеводорода:

$M(C_xH_y) = 29 \cdot Д$; $M(C_xH_y) = 29 \cdot 3{,}93 = 114$ (г/моль).

4) находим истинную формулу углеводорода C_xH_y:

$M(C_4H_9) = 12*4 + 1*9 = 57$ (г/моль).

Коэффициент для нахождения истинной формулы:

k = 114/57 = 2; отсюда следует, что истинная формула C_8H_{18}.

Ответ: C_8H_{18}, *н*-октан и его изомеры (всего 18 изомеров).

2 В хлорпроизводном углеводорода массовая доля углерода составляет 14,12%, хлора – 83,53%. Плотность паров вещества по воздуху равна 2,93. Выведите молекулярную формулу хлорпроизводного углеводорода (CH_2Cl_2).

3 Выведите молекулярную формулу газообразного углеводорода, состоящего из 82,8% углерода, если 1 л этого газа весит 2,59 г (н.у.) (C_4H_{10}).

4 Установите молекулярную формулу вещества, если известно, что оно содержит 30,70% углерода, 3,82% водорода, 45,23% хлора и кислород. Плотность его паров по водороду равна 39,25 (C_2H_3OCl).

5 Массовая доля углерода в углеводороде X равна 96,43%. Этот углеводород обладает слабыми кислотными свойствами и может образовать соль Y, в которой массовая доля металла равна 46,00%. Определите молекулярную и структурную формулы веществ X и Y, уравнение полного гидрирования углеводорода (C_9H_4, C_9Na_4).

Задачи на вывод формулы по продуктам сгорания

1 Установите формулу соединения, при сжигании 2,40 г которого было получено 1,44 г воды, 896 мл углекислого газа (н.у.) и 1,12 г азота.

Решение

Представляем формулу вещества в виде $C_xH_yN_zO_w$:

1) вычисляем количество вещества атомарного углерода, водорода, азота в оксиде углерода, воде и азоте:

$n(C) = n(CO_2) = 0,896/22,4 = 0,04$ (моль);

$n(H) = 2n(H_2O) = 2*1,44/18 = 0,16$ (моль);

$n(N) = 2n(N_2) = 2*1,12/28 = 0,08$ (моль);

2) определяем, есть ли в веществе кислород. Для этого находим массу углерода, водорода и азота в веществе:

$m(C, H, N) = 0,04*12 + 0,16*1 + 0,08*14 = 0,48 + 0,16 + 1,12 = 1,76$ (г).

Таким образом, $m(O) = 2,40 - 1,76 = 0,64$ (г);

3) вычисляем количество вещества атомарного кислорода:

$n(O) = 0,64/16 = 0,04$ (моль);

4) находим отношение количеств веществ углерода, водорода, азота и кислорода, которое соответствует отношению индексов x, y, z, w в формуле $C_xH_yN_zO_w$:

$x : y : z : w = 0,04:0,16:0,08:0,04 = 1:4:2:1$.

Таким образом, формула вещества CH_4N_2O или $(NH_2)_2CO$.

Ответ: $(NH_2)_2CO$, мочевина.

2 При сжигании вещества, содержащего углерод, водород и хлор, были получены CO_2 массой 13,2 г и H_2O массой 6,3 г. При определении хлора из такой же навески получены хлорид серебра массой 14,35 г. Определите формулу вещества, если плотность его паров по воздуху равна 2,707. (C_3H_7Cl).

3 При полном окислении органического вещества массой 3,84 г было получено 2,24 л CO_2 (н.у.), 1,8 г H_2O и 2,12 г Na_2CO_3. Установите молекулярную формулу вещества. (C_2H_5COONa).

4 При сжигании органического вещества массой 1,78 г в избытке кислорода получили 0,28 г азота, 1,344 л CO_2 (н.у.) и 1,26 г воды. Определите молекулярную формулу этого вещества, зная, что в навеске массой 1,78 г содержится $1,204 \cdot 10^{22}$ молекул. ($C_3H_7NO_2$).

5 Для сгорания 4 моль вещества потребовалось 9 моль O_2 и образовалось 4 моль CO_2, 2 моль N_2, 10 моль H_2O. Определите формулу вещества. (CH_3NH_2).

Задачи на вывод формулы через уравнение реакции и общую формулу класса соединений

1 Массовая доля углерода в предельной одноосновной карбоновой кислоте составляет 54,6%. Определите формулу вещества.

Решение

1) общая формула одноосновной органической кислоты $C_xH_{2x+1}COOH$ или $C_{x+1}H_{2x+2}O_2$. Находим молярную массу этой кислоты:

$M(C_{x+1}H_{2x+2}O_2)=12(x+1)+2x+2+2*16 = 14x+46$;

2) молярная масса углерода в кислоте равна:

$M(C) = 12(x+1) = 12x+12$;

3) находим массовую долю углерода в кислоте:

$w(C)=(12x+12)/(14x+46)*100\%$;

4) по условию задачи массовая доля углерода равна 54,6%:

$(12x+12)/(14x+46)*100\%=54,6\%$;

Решаем уравнение относительно «x»:

$100(12x+12)=54,6(14x+46)$;

$1200x+1200=764x+2512$;

$436x=1312$;

$x=3$, следовательно, это C_3H_7COOH.

Ответ: C_3H_7COOH – бутановая кислота.

2 Установите молекулярную формулу предельной карбоновой кислоты, калиевая соль которой содержит 28,57% кислорода. (C2H5COOK).

3 Установите молекулярную формулу алкена, гидратацией которого получается спирт, пары которого в 2,143 раза тяжелее азота. (C3H6).

4 На нейтрализацию 18,5 г предельной одноосновной кислоты потребовался раствор, содержащий 10 г гидроксида натрия. Определите молекулярную формулу кислоты. (C2H5COOH).

5 При дегидратации насыщенного одноатомного спирта получено соединение, при обработке которого избытком бромоводорода получено 65,4 г бромида с выходом 75%. При взаимодействии такого же количества спирта с натрием выделилось 8,96 л газа (н.у.). Определите формулу спирта. (C2H5OH).

6 Для полного гидролиза образца дипептида массой 9,60 г потребовалось 0,90 г воды. Установите структуру пептида, если известно, что при гидролизе образовалась только одна аминокислота. (Дипептид серина).

7 Пары монобромалкана в 4,24 раза тяжелее воздуха. Определите молекулярную формулу монобромалкана. (C_3H_5Br).

8 Ацетиленовый углеводород может максимально присоединить 80 г брома с образованием продукта реакции массой 97 г. Установите молекулярную формулу этого углеводорода. (C_5H_8).

9 Некоторая предельная одноосновная кислота массой 6 г требует для полной этерификации такой же массы спирта. При этом получается 10,2 г сложного эфира. Установите молекулярную формулу кислоты. (CH_3COOH).

10 При межмолекулярной дегидратации смеси двух одноатомных спиртов неизвестного строения выделилось 10,8 г воды и образовалось 36 г смеси трех органических соединений в равных молярных количествах, принадлежащих к одному и тому же классу органических соединений (выход 100%). Установите строение исходных спиртов. (CH_3OH, C_2H_5OH).

Задачи на вывод формулы через уравнение горения в общем виде

1 На сгорание предельного одноатомного спирта потребовалось 84 л (н.у.) кислорода. В результате реакции получили углекислый газ и 60 г водяных паров. Определите молекулярную формулу исходного спирта. (C_3H_7OH).

2 На полное сгорание 0,5 моль алкина израсходовано 28 л кислорода (н.у.). Установите молекулярную формулу алкина. (C_2H_2).

3 В результате сжигания алкана образовалось 8,96 л (н.у.) углекислого газа и 9 г воды. Определите формулу алкана. (C_4H_{10}).

4 Определите формулу алкена, для сгорания 3 л которого потребовалось 18 л кислорода, измеренного при тех же условиях. (C_4H_8).

Содержание

1 Номенклатура органических соединений ……..……... 3

2 Пространственное и электронное строение органических соединений … 15

3 Качественный элементный анализ органических соединений…… 24

Список литература

Основная литература

1 Реутов О. А., Курц А. Л., Бутин К. П. Органическая химия. – Москва : МГУ, 1999-2004. – Т.1. – 560 с. Т.2. – 624 с. Т.3. – 544 с. Т.4. – 726 с.

2 Шабаров Ю. С. Органическая химия. – Москва : Химия, 2000. – 848 с.

3 Ким А. М. Органическая химия. – Новосибирск : Сибирское ун. изд-во, 2002. – 971 с.

4 Курц А. Л., Ливанцов М. В., Чепраков А. В. и др. Задачи по органической химии с решениями. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 264 с.

5 Иванов В. Г., Гева О. Н., Гаверова Ю. Г. Практикум по органической химии. – Москва : Академия, 2002. – 288 с.

6 Практикум по органической химии. Синтез и идентификация органических соединений / Под ред. О. Ф. Гинзбурга. – Москва, 1989. – 318 с.

Дополнительная литература

1 Иванов В. Г., Горленко В. А. Органическая химия. – Москва : Академия, 2000. – 624 с.

2 Нейланд О. Я. Органическая химия. – Москва : Высш. шк., 1990. – 751 с.

3 Моррисон Р, Бойд Р. Органическая химия. – Москва : Мир, 1974. – 1132 с.

4 Робертс Дж., Касерио М. Органическая химия. В 2-х т. – Москва : Мир, 1978. – I т. – 842 с. − II т. – 888 с.

5 Терней А. Современная органическая химия. В 2-х т. – Москва : Мир, 1979. – I т – 678 с. − II т. – 651 с.

6 Марч Дж. Органическая химия. Реакции, механизмы и структуры. В 4-х т. – Москва : Мир, 1987. – I т. – 381 с. − II т. – 504 с. III т. – 459 с. − IV т. – 468 с.

7 Несмеянов А. Н., Несмеянов Н. А. Начала органической химии. В 2-х т. – Москва : Химия, 1974. – I т. – 624 с. − II т. – 744 с.

8 Петров А. А., Бальян Х. Т., Трощенко А. Т. Органическая химия. – Москва : Высш. Школа, 1981. – 591 с.

9 Болесов И. Г., Зайцева Г. С. Задачи и упражнения по органической химии. URL: http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/bolesov/welcome.html.

10 Резников В. А. Сборник задач и упражнений по органической химии. URL: http://orgchem.nsu.ru/lit/zadachnik.htm.

11 Сарычева Т.А. и др. Сборник задач по органической химии с решениями. Углеводороды. – Томск: Томский политехн. ун-т, 2006.–Ч.1. URL:http://window.edu.ru/resource/692/75692/files/sbornik_zadach_org_chem.pdf.

12 Альбицкая В. М., Серкова В. И. Задачи и упражнения по органической химии. – Москва : Высш. шк., 1983. – 207 с.

13 Сборник задач по органической химии / под ред. А. Е. Агрономова. – Москва : МГУ, 2000. – 160 с.

14 Смолина Т. А., Васильева Н. В. Практические работы по органической химии. – Москва : Просвещение, 1986. – 303 с.

Ольга Михайловна Плотникова

НОМЕНКЛАТУРА,
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ И ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ,
КАЧЕСТВЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Методические указания
к практическим и лабораторным работам
по курсу «Органическая химия»
для студентов направления 04.05.01
«Фундаментальная и прикладная химия»

Редактор Н.Н. Погребняк

Подписано в печать 10.12.18	Формат 60×84 1/16	Бумага 65 г/м^2
Печать цифровая	Усл. печ. л.	Уч.-изд. л.
Заказ№234	Тираж 25	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.