

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Номенклатура

Номенклатура – это система правил, позволяющая давать однозначное название каждому индивидуальному соединению. Номенклатура – язык органической химии, который используется для передачи в названиях органических соединений их строения. В настоящее время общепринята *систематическая номенклатура IUPAC* – (IUPAC – International Union Pure and Applied Chemistry) – международный союз теоретической и прикладной химии. Однако в органической химии сохранились довольно распространенные названия многих соединений, построенные по иным принципам, в частности *тривиальные названия*.

Тривиальные названия исторически были первыми. Они возникали часто до того, как становилось известным строение вещества. Поэтому тривиальные (обыденные) названия случайны и не могут быть объединены в систему.

Эти названия отражают:

а) *природные источники* – лактоза (молочный сахар) выделена из молока (от лат. *lactum* – молоко), пальмитиновая кислота – из пальмового масла;

б) *особо заметные свойства* – глицерин (от греч. *glycys* – сладкий);

в) *способы получения* – пировиноградная кислота получена пиролизом виноградной кислоты;

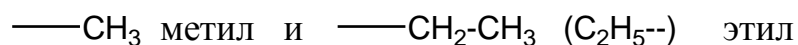
Употребление особенно укоренившихся тривиальных названий разрешается правилами IUPAC.

При составлении названий органических соединений по систематической номенклатуре IUPAC используют номенклатурные понятия:

- *органический радикал*,
- *родоначальная структура*,
- *характеристическая группа, заместитель*.

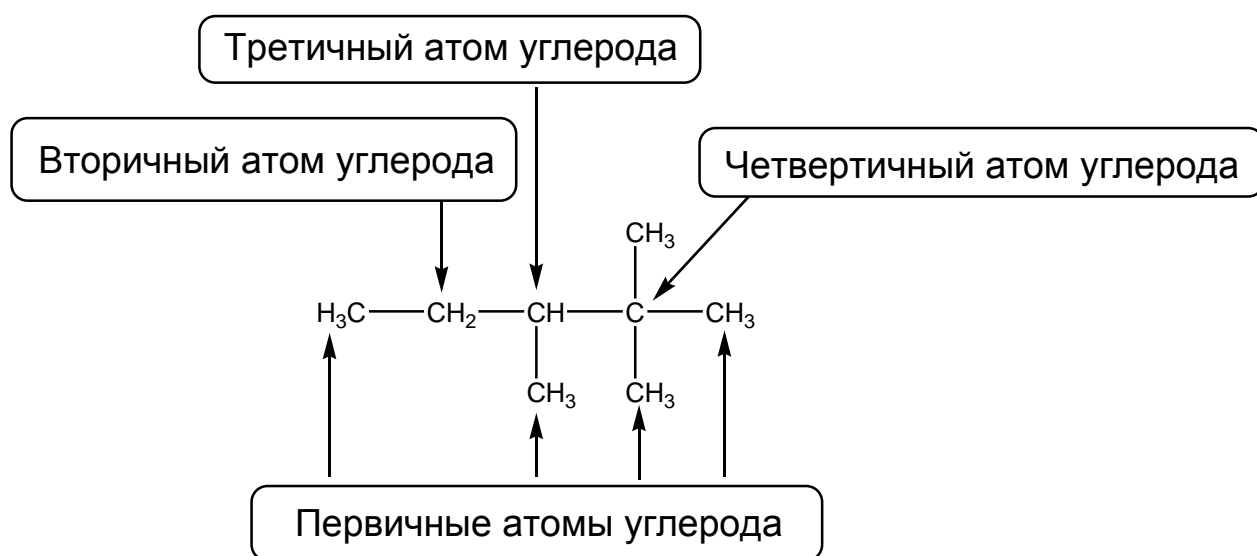
Органический радикал – это остаток органической молекулы, из которой удалили один или несколько атомов водорода, оставив свободными соответственно одну (одновалентный радикал) или несколько валентностей (поливалентные радикалы).

Из двух первых гомологов алканов – метана и этана получаются одновалентные радикалы:



Названия одновалентных радикалов обычно производят заменой окончания **ан** на окончание **ил**.

Для каждого последующего гомолога существует несколько радикалов, так как их атомы углерода неравноценны. Атом углерода, связанный только с одним углеродным атомом, называется *первичным*, с двумя – *вторичным*, с тремя – *третичным*, с четырьмя – *четвертичным*.



При отнятии водорода от любого из двух первичных атомов углерода в пропане получается радикал *n*-пропил (нормальный пропил), а от вторичного атома углерода – радикал изопропил. Бутан и изобутан дают соответственно по два радикала.

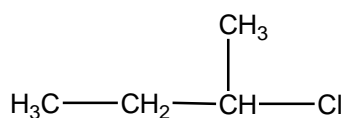
Часто встречающиеся углеводородные радикалы приведены в *таблице 1*.

Буква *n* (нормальный) перед названием радикала указывает на то, что свободная валентность находится на конце неразветвленной цепи. Приставка *втор* (вторичный) означает, что свободная валентность находится у вторичного атома углерода, а приставка *трет* (третичный) – у третичного.

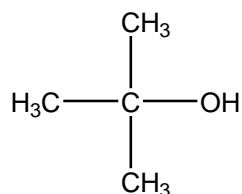
Таблица 1. Названия углеводородных радикалов

<i>Молекулярная формула</i>	<i>Структурная формула</i>	<i>Название</i>
CH₃–	H ₃ C—	Метил
C₂H₅–	CH ₃ -CH ₂ —	Этил
C₃H₇–	$\begin{array}{l} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{—} \\ \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH—} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$	<i>n</i> -Пропил Изопропил
C₄H₉–	$\begin{array}{l} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{—} \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C} \\ \text{H}_3\text{C} \diagdown \\ \text{CH—CH}_2\text{—} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \\ \text{H}_3\text{C—C—CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$	<i>n</i> -Бутил Вторбутил Изобутил Третбутил
C₅H₁₁–	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C—C—CH}_2\text{—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Неопентил
C₂H₃–	H ₂ C=CH—	Винил
C₃H₅–	H ₂ C=CH—CH ₂ —	Аллил
C₅H₉–		Циклопентил

Понятия – первичный, вторичный и третичный атомы углерода–используются не только в углеводородах, но и в других классах соединений. Например, галогенпроизводные и спирты в зависимости от того, у какого атома углерода находится функциональная группа, называют первичными, вторичными или третичными:



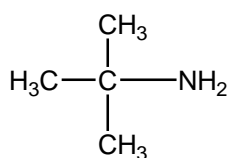
вт ор-бутилхлорид



т рет -бутанол

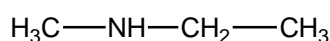
Следует обратить внимание на совершенно иное использование этих понятий в применении к аминам, где они означают *число атомов углерода, с которыми непосредственно связан атом азота*:

Первичный амин



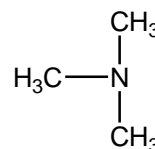
т рет -Бутиламин

Вторичный амин



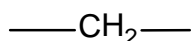
Метилэтиламин

Третичный амин

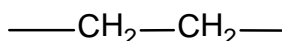


Триметиламин

Двухвалентные радикалы со свободными валентностями на концах углеродной цепи имеют окончание **илен**, а со свободными валентностями у одного и того же атома углерода – **илиден**.



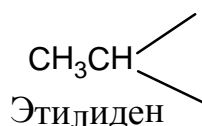
Метилден



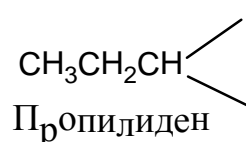
Этилен



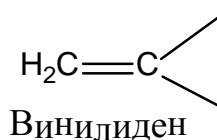
Триметилен



Этилиден

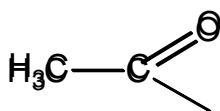


Пропилиден

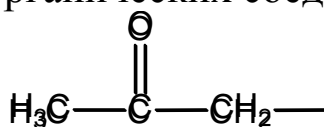


Винилиден

Радикалы могут производиться не только от углеводородов, но и от любых других органических соединений:



Ацетил



Ацетонил

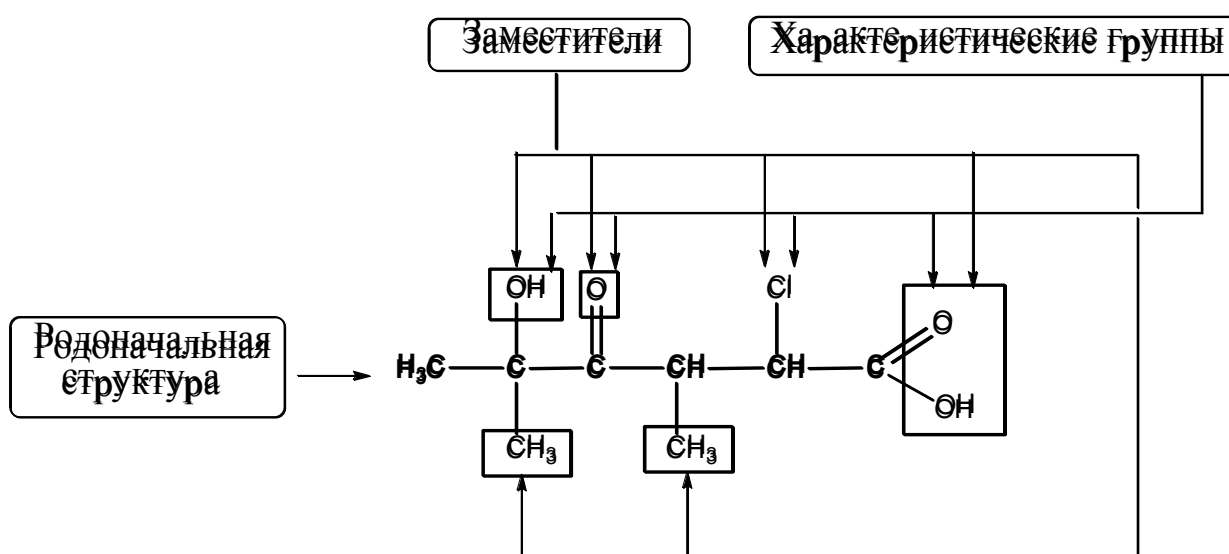
Родоначальная структура – это химическая структура, которая лежит в основе называемого соединения. Например, в качестве родоначальной структуры рассматривается *главная углеродная цепь*

в ациклических соединениях или *цикл* в карбоциклических и гетероциклических соединениях.

Характеристической группой называют функциональную группу, связанную с родоначальной структурой или частично входящую в ее состав.

Заместитель – это любая характеристическая (функциональная) группа или углеводородный радикал, присоединенные к родоначальной структуре.

Наиболее широко в правилах систематической номенклатуры IUPAC представлена *заместительная и радикало-функциональная* номенклатура.



Заместительная номенклатура

В ее основе лежит выбор родоначальной структуры. Название строится как сложное слово, состоящее из корня (название родоначальной структуры), суффиксов, отражающих степень ненасыщенности (двойные или тройные связи), приставок и окончаний, указывающих характер, число и местонахождение заместителей.

Заместители подразделяются на два типа:

1) углеводородные радикалы и неуглеродные заместители, указываемые только в приставках (*таблица 2*);

2) характеристические группы, указываемые либо в приставке, либо в окончании. Для заместителей этого типа существует порядок старшинства (*таблица 3*).

Таблица 2. Некоторые неуглеродные характеристические группы, указываемые только в приставках

<i>Группа</i>	<i>Префикс</i>
-Br, -I, -F, -Cl	Бром, иод, фтор, хлор
-OR	Алкокси
-SR	Алкилтио
-NO ₂	Нитро

Таблица 3. Порядок старшинства характеристических групп, указываемых и в приставке и в окончании¹

<i>Функциональная группа</i>	<i>Префикс</i>	<i>Окончание</i>
-(C)OON ²	-	овая кислота
-COOH	<i>Карбокси</i>	карбоновая кислота
-SO ₃ H	<i>Сульфо</i>	сульфоновая кислота (сульфо кислота)
-(C)N	-	нитрил
-(C)H=O	<i>Оксо</i>	аль
(C)=O	<i>Оксо</i>	он
-OH	<i>Гидрокси³</i>	ол
-SH	<i>Меркапто</i>	тиол
-NH ₂	<i>Амино</i>	амин

¹ Старшинство убывает сверху вниз.

² Атом углерода, заключенный в скобки, входит в состав углеродной цепи.

³ В русской литературе группа ОН называется также оксигруппой.

Формирование названия органического соединения по заместительной номенклатуре осуществляют в таком порядке:

1. Определяют **старшую характеристическую** (функциональную) **группу**, если она присутствует. В *таблице 3* эти группы приведены в порядке убывания старшинства сверху вниз. Старшая характеристическая группа отражается в названиях *окончанием*.

2. Определяют **родоначальную структуру** (главную углеродную цепь, главную циклическую структуру). Главная углеродная цепь для ациклических соединений выбирается по следующим критериям:

- а) максимальное число характеристических групп второго типа;
- б) максимальное число кратных связей;
- в) максимальная длина;
- г) максимальное число характеристических групп второго типа и углеводородных радикалов.

Каждый последующий критерий используется только в том случае, если предыдущий не дает однозначного ответа.

3. Проводят **нумерацию** атомов родоначальной структуры так, чтобы старшая характеристическая группа получила наименьший номер. Если это правило не позволяет выбрать однозначную нумерацию, то цепь (или цикл) нумеруют так, чтобы заместители получили наименьшие номера.

4. Определяют **название** родоначальной структуры и старшей характеристической (функциональной) группы (окончание). Степень насыщенности родоначальной структуры отражают суффиксами: **ан** – насыщенный углеродный скелет, **ен** – наличие двойной связи, **ин** – наличие тройной связи.

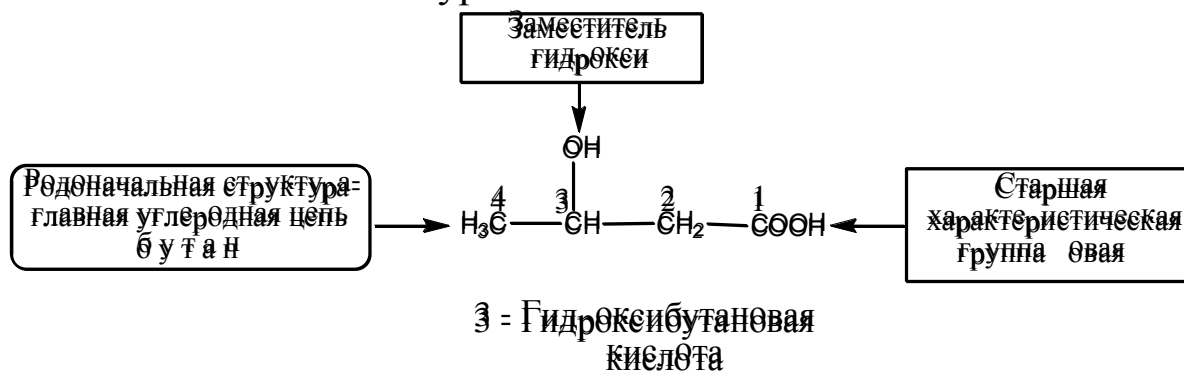
5. Определяют название заместителей [младшие характеристические группы (см. *таблицу 3*), неуглеродные характеристические группы (см. *таблицу 2*), углеводородные радикалы], обозначаемых приставками в едином алфавитном порядке.

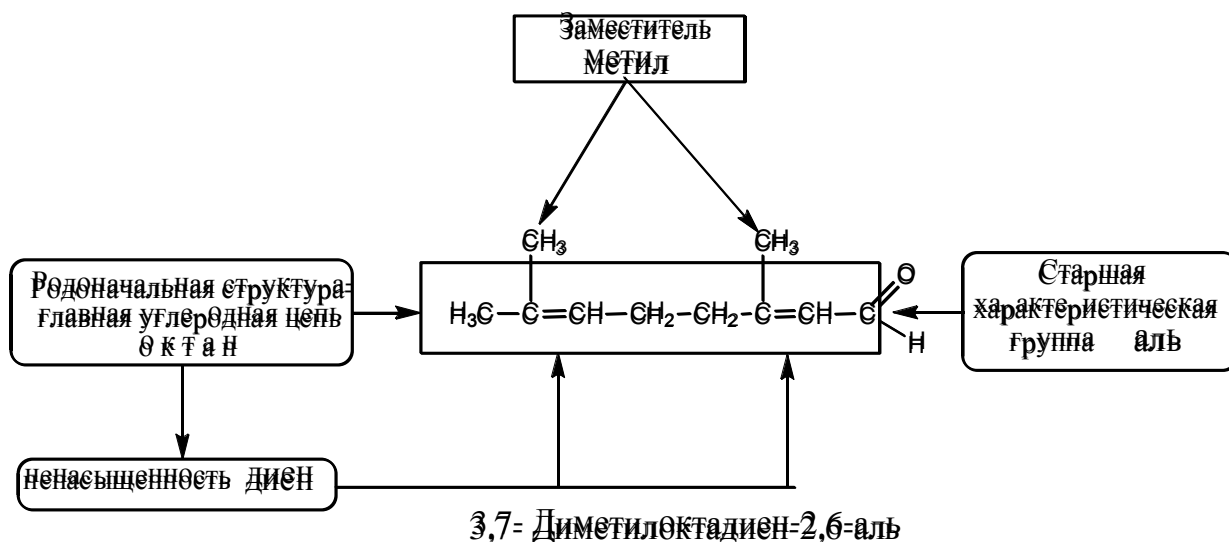
Общее название соединения составляют по следующей схеме:

Префиксы	Название родоначальной структуры		
	Корень	Суффикс	Окончание
Младшие характеристические группы: неуглеродные характеристические группы и углеводородные радикалы	Главная цепь, основная, циклическая или гетероциклическая структура	Степень насыщенности и -ан, -ен, -ин	Только старшая характеристическая группа

Положение каждого заместителя и каждой кратной связи указывают цифрой, соответствующей номеру атома углерода, с которым связан заместитель (для кратной связи указывают наименьший номер). Цифры ставят перед приставками и после суффиксов или окончаний. Если в соединении имеется несколько одинаковых заместителей или кратных связей, то перед соответствующим обозначением ставится умножающий префикс *ди, три, тетра* и т.д.

Ниже приведены некоторые примеры названий по заместительной номенклатуре IUPAC.

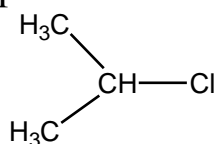




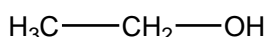
В случае окончания *овая* кислота или *аль* можно не указывать положение карбоксильной или альдегидной групп, так как в этих случаях они всегда находятся в начале цепи.

Радикало-функциональная номенклатура

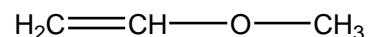
Применение радикало-функциональной номенклатуры более ограничено, чем заместительной. В основном она используется для названий простейших моно- и бифункциональных соединений и некоторых классов природных соединений.



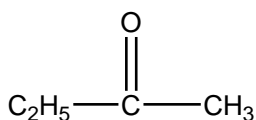
Изопропилхлорид,
хлористый изопропил



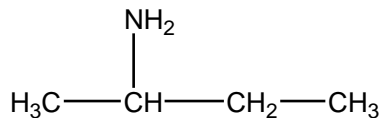
Этиловый спирт



Винилметилвый
эфир

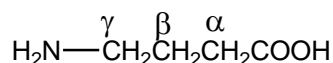


Метилэтилкетон

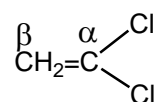
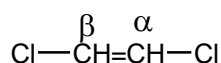


вт ор-Бутиламин

Если соединение имеет одну характеристическую группу, то его название строится из названия углеводородного радикала и характеристической группы или соответствующего класса соединений:



γ -Аминомасляная кислота

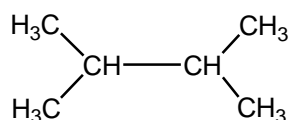


α,β -Дихлорэтилен

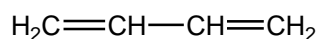
α,α -Дихлорэтилен

В случае более сложных соединений, как и в заместительной номенклатуре, выбирают родоначальную структуру. Однако ее выбор более произволен – это может быть любое соединение, имеющее тривиальное название. Заместители указывают в приставках, как в заместительной номенклатуре. Их расположение обозначается цифрами или греческими буквами α , β , γ , δ и т. д.

В случае симметричных соединений перед названием соответствующего радикала ставят приставку **ди**.



Диизопропил



Дивинил

Целевой синтез

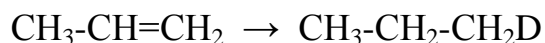
Задачи этого типа представляют наибольшую трудность для студентов. При их решении требуется продумать весь путь от исходного соединения к целевому продукту, выбрав оптимальную стратегию органического синтеза. Решение именно таких задач лежит в основе профессиональной деятельности химика-органика.

Приступая к решению многостадийной синтетической задачи, в первую очередь следует сопоставить число атомов углерода в исходном и конечном соединениях. В большинстве предлагаемых для решения задач встречается какой-либо из приведенных вариантов.

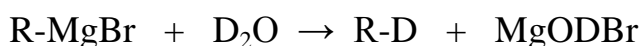
Вариант 1. Число атомов углерода в исходном и конечном продуктах не изменяется.

В этом случае задача состоит в том, чтобы ввести или модифицировать функциональную группу (или группы) или изменить ее положение в органическом соединении.

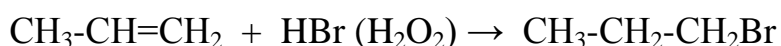
Пример: Синтезируйте из пропилена 1-D-пропан.



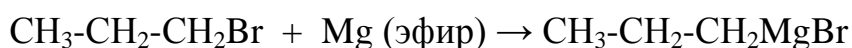
1. Ввести дейтерий можно, действуя на реактив Гриньяра дейтерированной водой:



2. Таким образом, задача сводится к тому, чтобы получить *n*-пропилбромид из пропилена, это можно осуществить действуя бромистым водородом в присутствии перекиси (*анти-Марковниковское присоединение*).



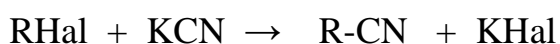
3. Получив из синтезированного пропилбромида реактив Гриньяра и гидролизуя его дейтерированной водой, приходим к целевому продукту.



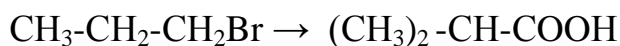
Вариант 2. В конечном продукте число атомов углерода на один больше, чем в исходном соединении.

Для введения еще одного атома углерода чаще всего используются неорганические вещества, содержащие углерод. Это может быть:

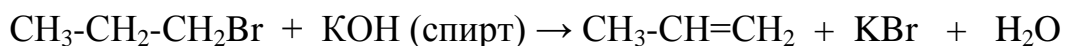
а) KCN (для галогенидов)



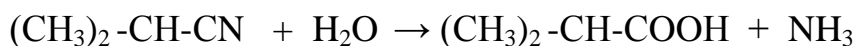
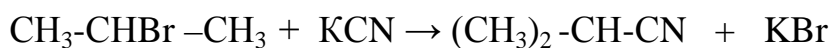
Пример: Синтезируйте изомасляную кислоту из 1-бромпропана.



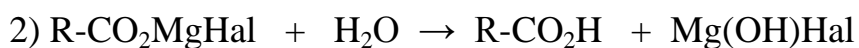
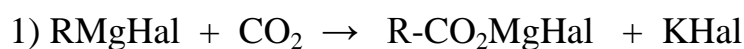
1. Превращаем 1-бромпропан в 2-бромпропан, проводя отщепление HBr с последующим присоединением HBr (*по правилу Марковникова*).



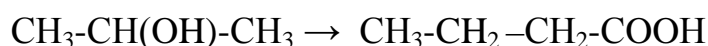
2. Замещаем атом брома на циано-группу (*реакция S_N*) и, гидролизуя полученный нитрил, синтезируем изомасляную кислоту.



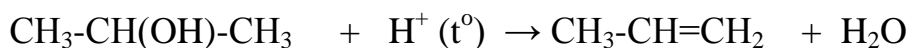
б) CO₂ (для реактива Гриньяра)



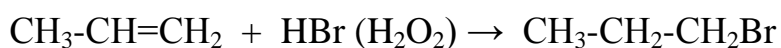
Пример: Синтезируйте масляную кислоту из пропанола-2:



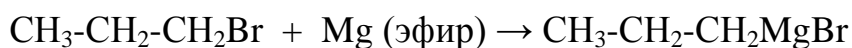
1. Дегидратация пропанола:



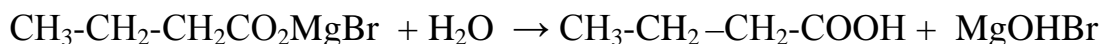
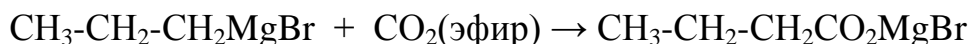
2. Гидробромирование (*анти-Марковниковское присоединение*):



3. Синтез реактива Гриньяра:



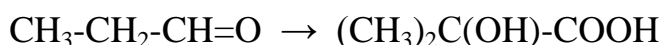
4. Карбоксилирование реактива Гриньяра и последующий гидролиз:



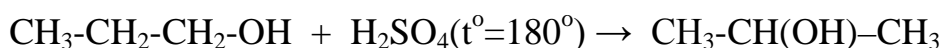
в) HCN (для карбонильных соединений)



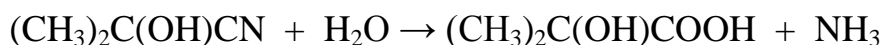
Пример. Синтезируйте α -оксиизомасляную кислоту из пропионового альдегида:



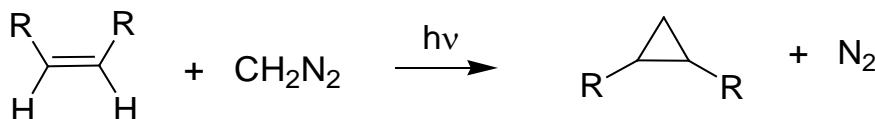
1. Превращение пропионового альдегида в ацетон путем восстановления, последующей дегидратации, гидратации и окисления:



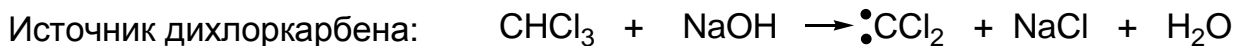
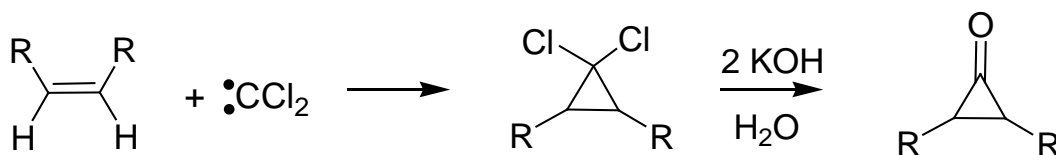
2. Присоединение синильной кислоты по карбонильной группе (*циангидриновый синтез, реакция A_N -типа*) и гидролиз α -оксинитрила.



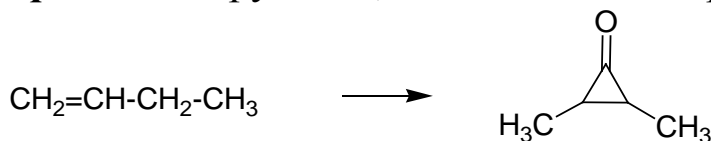
г) Присоединение карбена по двойной или тройной связям (синтез трехчленных циклов)



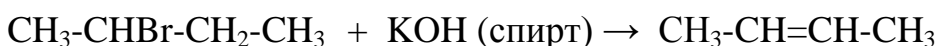
Присоединение дихлоркарбена позволяет провести дальнейшую модификацию функциональной группы.



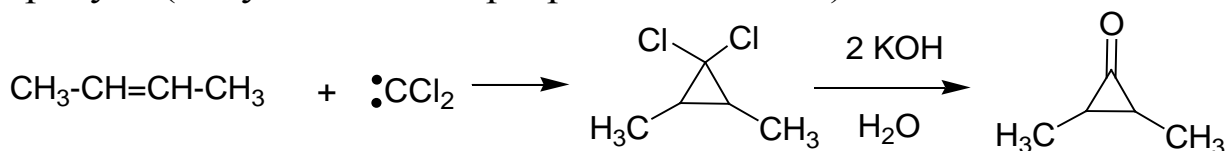
Пример. Синтезируйте 2,3-диметилциклопропанон из бутена-1:



1. Путем последовательного присоединения и отщепления галогеноводорода из бутена-1 получаем бутен-2:



2. Присоединив дихлоркарбен по двойной связи и проведя щелочной гидролиз геминального дихлорида, получаем целевой продукт (получение дихлоркарбена см. выше):



Вариант 3. В конечном продукте на один атом углерода меньше, чем в исходном соединении.

Выбор метода зависит от того, какое соединение необходимо синтезировать в конечном счете.

а) **декарбоксилирование** путем щелочного плавления натриевых солей карбоновых кислот:



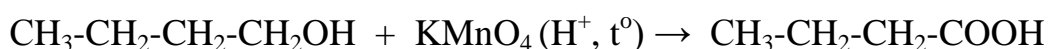
Следует отметить, что этот способ целесообразно использовать тогда, когда конечным продуктом синтеза должен

быть алкан, т.к. дальнейшее превращение алкана в функциональные производные может протекать неоднозначно, особенно для алканов со сложным углеродным скелетом ($C > 2$).

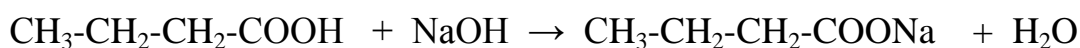
Пример. Синтезируйте пропан из бутанола-1:



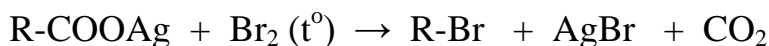
1. Окисляем бутанол-1 до масляной кислоты:



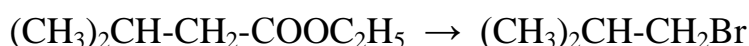
2. Получаем Na-соль масляной кислоты и сплавляем ее со щелочью:



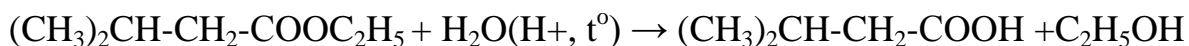
б) реакция Хунсдикера – декарбоксилирование серебряных солей карбоновых кислот:



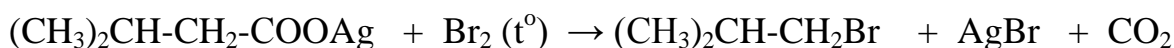
Пример. Синтезируйте изобутилбромид из этилового эфира изовалериановой кислоты:



1. Гидролизуем сложный эфир, полученную кислоту превращаем в серебряную соль:



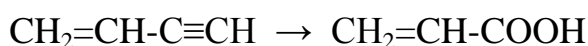
2. Проводим реакцию Хунсдикера, получаем целевое соединение:



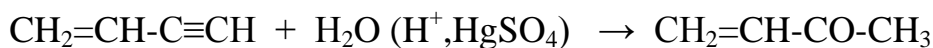
в) галоформное расщепление – для метилкетонов (может быть использовано и при наличии двойной связи в молекуле карбонильного соединения):



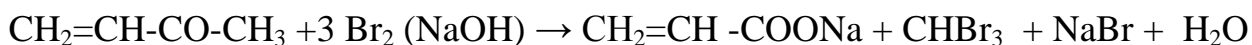
Пример. Синтезируйте акриловую кислоту из винилацетилена:



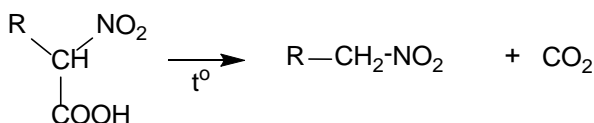
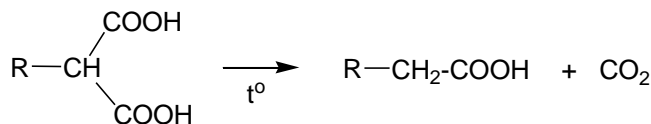
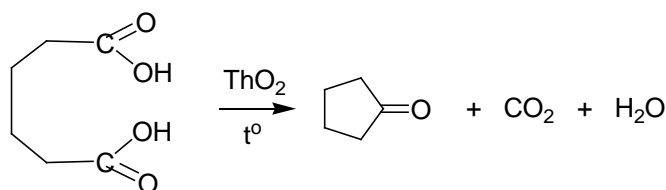
1. Получаем метилвинилкетон гидратацией тройной связи (*по Кучерову*):



2. Проводим галоформное расщепление, при подкислении выделяем свободную кислоту:



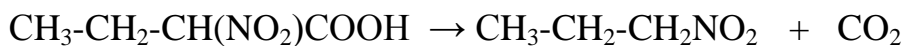
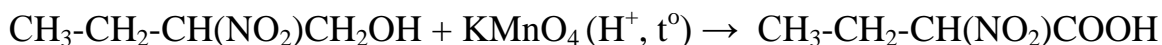
г) декарбоксилирование бифункциональных соединений (двухосновных карбоновых кислот или β -оксокислот, α -нитрокарбоновых кислот):



Пример. Синтезируйте 1-нитропропан из 2-нитробутанола-1:



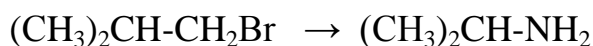
Необходимо окислить первичную спиртовую группу в карбоксильную, а затем провести декарбоксилирование



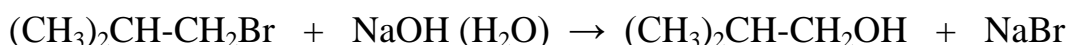
д) Расщепление амидов кислот (по Гофману)



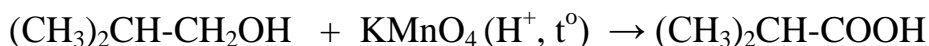
Пример: Синтезируйте *изо*-пропиламин из *изо*-бутилбромида



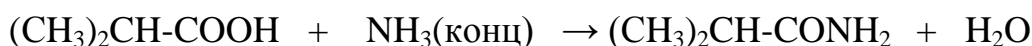
1. Замещаем атом брома на гидроксигруппу (S_N -реакция)



2. Окисляем спирт в карбоновую кислоту



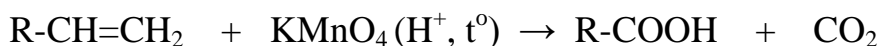
3. Получаем амид кислоты



4. Проводим расщепление амида по Гофману



е) Окисление терминальных алкенов

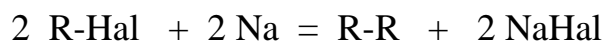


(Можно также использовать озонлиз - окислительный вариант)

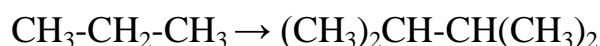
Вариант 4

В конечном продукте содержится в два раза больше углеродных атомов, чем в исходном соединении:

***а) синтез Вюрца** (целесообразно использовать только для синтеза структур с симметричным углеродным скелетом)*

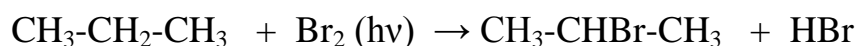


Пример: Синтезируйте 2,3-диметилбутан из пропана

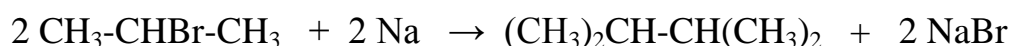


Структура целевого соединения симметрична и может быть получена по реакции Вюрца из 2-бромпропана. В свою очередь 2-бромпропан можно получить фотохимическим бромированием пропана. Таким образом, путь синтеза будет состоять из двух стадий:

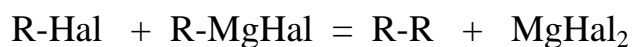
1. Бромирование пропана (реакция S_R -типа):



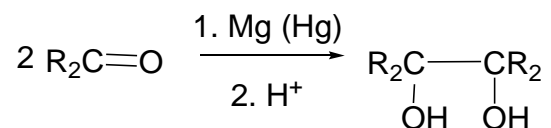
2. Конденсация Вюрца:



б) конденсация реактива Гриньяра с алкилгалогенидами



в) пинаконовое восстановление

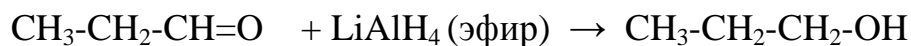


Пример: Получите 2,3-диметилбутандиол-2,3 из пропаналя

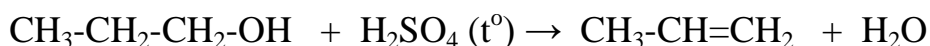


Целевой продукт может быть получен путем пинаконового восстановления ацетона. Ацетон можно синтезировать из исходного пропаналя путем восстановления, дигидратации, последующей гидратации и окисления.

1. Восстановление пропаналя:



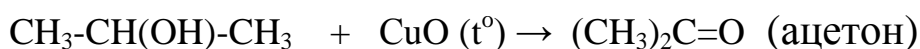
2. Дегидратация пропанола-1:



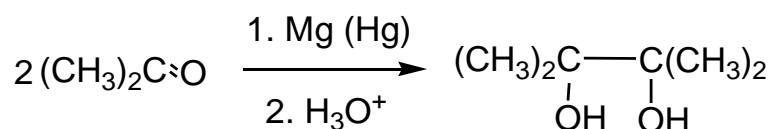
3. Гидратация пропилена (*по правилу Марковникова*):



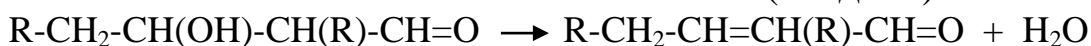
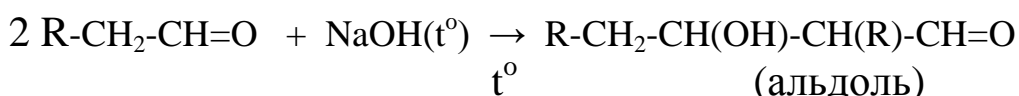
4. Дегидрирование пропанола-2:



5. Пинаконовое восстановление ацетона:



г) альдольно-кетоновая конденсация



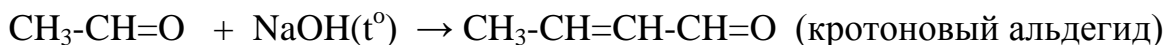
Пример: Из этанала получите бутин-2-овую кислоту



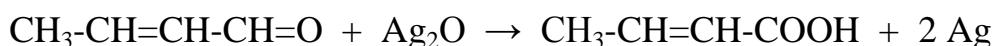
Для удвоения углеродного скелета можно воспользоваться альдольно-кетоновой конденсацией, получив кетоновый альдегид, легко преобразовать альдегидную группу в карбоксильную, а на месте двойной связи ввести тройную связь

путем последовательного галогенирования и отщепления галогеноводорода:

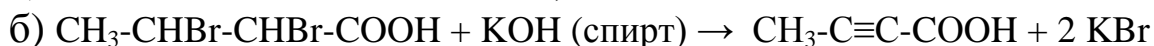
1. Альдольно-кратоновая конденсация этанала (катализатор – основание):



2. Окисление альдегидной группы в карбоксильную без изменения двойной связи (реакция «серебряного зеркала»):



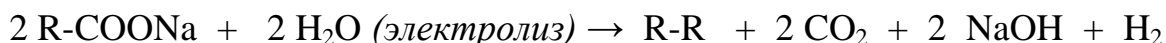
3. Галогенирование и дегидрогалогенирование кратоновой кислоты:



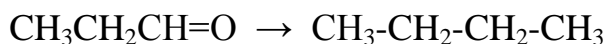
Вариант 5

В конечном продукте содержится (2n-2) или (2n-1) атомов углерода, а в исходном соединении число атомов углерода равно n. Для первого случая используют электролиз натриевых солей карбоновых кислот, во втором – нагревание кальциевых или бариевых солей. Оба процесса сопровождаются декарбонизацией и приводят к образованию симметрично построенных соединений: алканов (при электролизе) и кетонов (при пиролизе). При использовании смешанных кальциевых солей могут быть получены несимметричные кетоны.

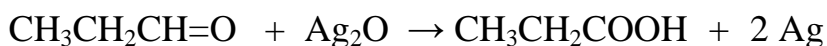
а) электролиз по Кольбе



Пример: Синтезируйте бутан из пропионового альдегида



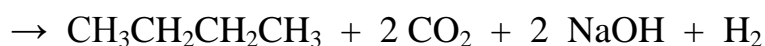
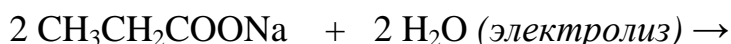
1. Окисляем альдегид до пропионовой кислоты (реакция серебряного зеркала):



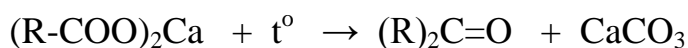
2. Получаем натриевую соль пропионовой кислоты:



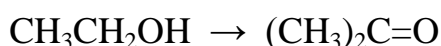
3. Проводим электролиз натриевой соли:



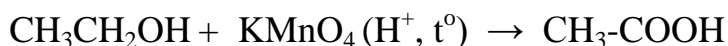
б) пиролиз кальциевых солей карбоновых кислот



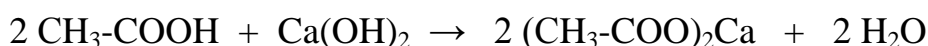
Пример: Предложите путь синтеза ацетона из этанола:



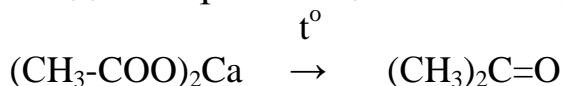
1. Окисляем этанол до уксусной кислоты:



2. Получаем кальциевую соль уксусной кислоты:

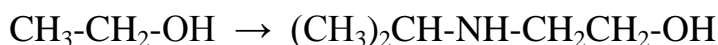


3. Проводим пиролиз ацетата кальция:



Следует отметить, что часто синтетические задачи требуют более сложной модификации углеродного скелета, требующей сочетания вышеуказанных методов. В этом случае необходимо продумать стратегию синтеза, начиная с целевого продукта, осуществляя т.н. *ретросинтетический* анализ:

Пример: Осуществите синтез N-изопропилэтанолamina из этанола.

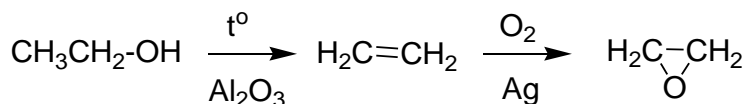


Целевое соединение содержит две функциональные группы: спиртовую и вторичную аминогруппу, разделенные цепью из двух метиленовых групп. Чаще всего для получения таких бифункциональных соединений используют окись этилена:

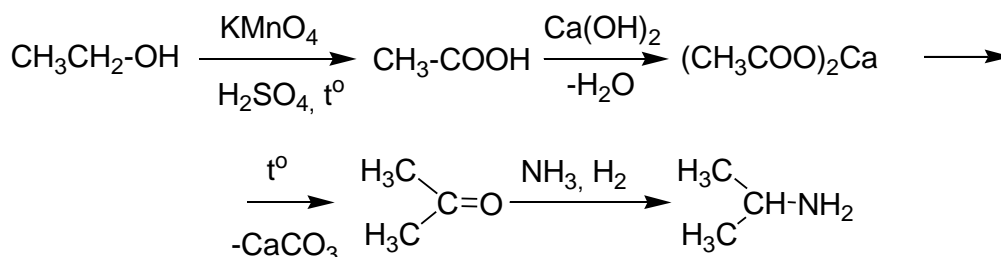


Следовательно, для синтеза конечного продукта нам необходима окись этилена и изопропиламин, которые нужно получить из этанола. Тогда синтетическая задача будет состоять из трех частей:

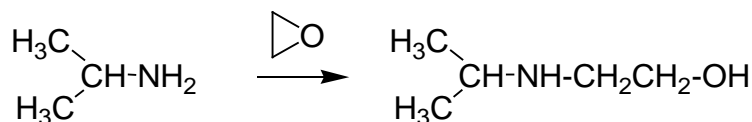
а) синтез окиси этилена



б) синтез изопропиламина



в) конечный этап – получение целевого продукта:

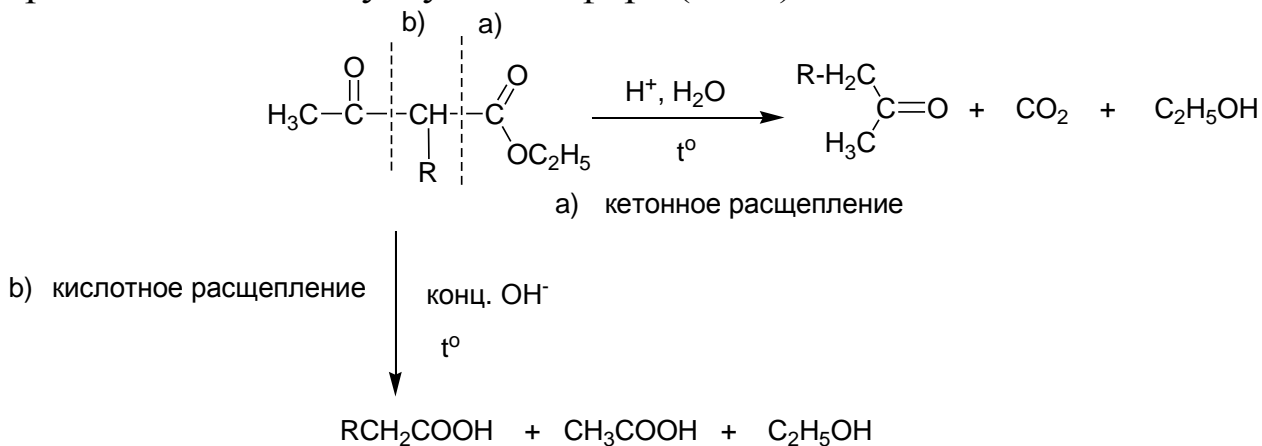


Определение структуры по свойствам

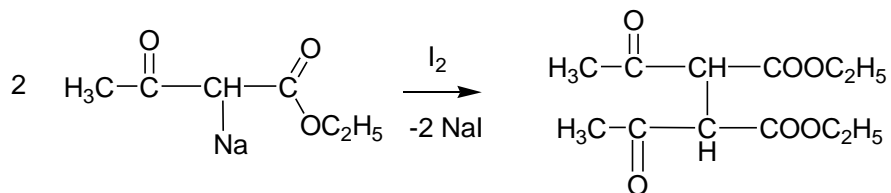
Задачи этого типа составляют важную часть профессиональной деятельности химика, для их решения необходимо хорошо знать характеристические реакции каждого класса органических соединений.

Пример: Определите структуру соединения **X** ($C_{12}H_{18}O_6$), имеющего симметричное строение, если известно, что при нагревании с концентрированной щелочью оно образует смесь трех продуктов: **A** (C_2H_6O), **B** ($C_2H_4O_2$) и **C** ($C_4H_6O_4$) в соотношении 2 : 2 : 1. При нагревании с разбавленной кислотой соединение **X** выделяет углекислый газ (2 моля) и образует смесь двух продуктов **A** и **D** ($C_6H_{10}O_2$) в соотношении 2 : 1. Как соединение **X**, так и продукт **D** дают положительную иодоформную реакцию, продукт **C** при нагревании легко отщепляет воду, превращаясь в циклическое производное **E**. Напишите уравнения всех реакций, перечисленных в условиях задачи.

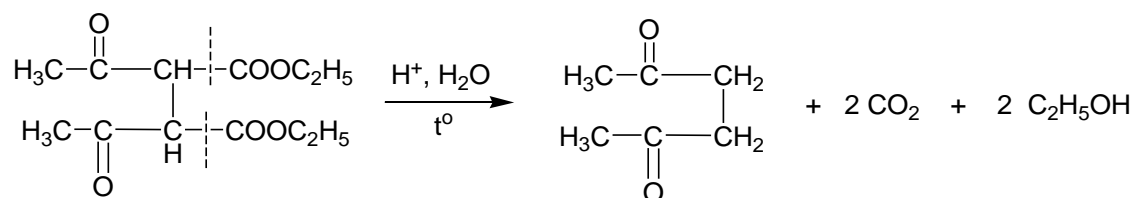
Расщепление соединения **X**, как под действием концентрированной щелочи, так и под действием кислоты, указывает на то, что соединение **X** может быть замещенным производным ацетоуксусного эфира (АУЭ).



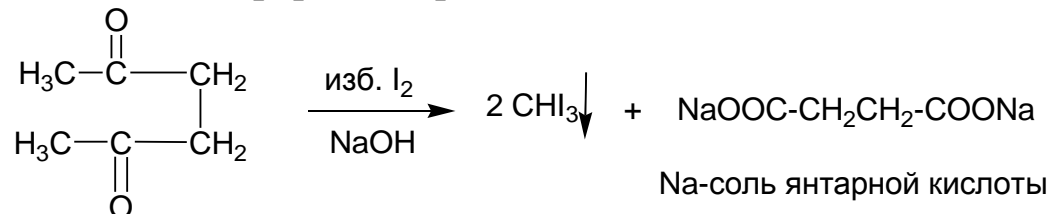
Соотношение продуктов расщепления **A** : **B** : **C** = 2 : 2 : 1 указывает на то, что соединение **X** содержит «удвоенный» структурный фрагмент АУЭ. Синтез этого соединения можно осуществить, конденсируя две молекулы Na-АУЭ с помощью йода:



При кетонном расщеплении «димера» образуется дикетон **D** ($C_6H_{10}O_2$), выделяется CO_2 и образуется этанол (2 моль). Дикетон **D**, будучи метилкетонном, дает положительную иодоформную реакцию, что совпадает с условиями задачи.



Реакция галоформного расщепления:



При кислотном расщеплении **X** образуются: этиловый спирт (соединение **A** состава $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), уксусная кислота (соединение **B** состава $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) и янтарная кислота (соединение **C** состава $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$) в соотношении 2 : 2 : 1, что соответствует условиям задачи. Соединение **X** также дает положительную иодоформную реакцию, что подтверждает еще раз правильность предлагаемой для **X** структуры.

