

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

Кафедра технологии органических веществ и нефтехимии

Составители
А. Л. Перкель
С. Г. Воронина

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДОВ

**Методические указания к самостоятельной работе
по дисциплине «Органическая химия»**

Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки 18.03.01 Химическая технология
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты

Непомнящих Ю. В. – доцент, доцент кафедры технологии органических веществ и нефтехимии

Пучков С. В. – доцент, заведующий кафедрой технологии органических веществ и нефтехимии

Перкель Александр Львович

Воронина Светлана Геннадьевна

Получение и свойства углеводов: методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Органическая химия» [Электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 18.03.01 Химическая технология всех форм обучения / сост. А. Л. Перкель, С. Г. Воронина; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2019.

Материал предназначен для оказания методической помощи студентам при самостоятельном выполнении контрольной работы 1 «Получение и свойства углеводов» по курсу «Органическая химия». Приведены варианты контрольных заданий и пример их решения.

© КузГТУ, 2019

© Перкель А. Л.,
Воронина С. Г.,
составление, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВЫПИСКА ИЗ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ КУРСА	3
2.	ЦЕЛЬ РАБОТЫ	3
3.	ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ВАРИАНТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	4
4.	ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ	11
5.	ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ПО КУРСУ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»	52
6.	СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	55

1. ВЫПИСКА ИЗ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ КУРСА

Бакалавры направления подготовки 18.01.03 Химическая технология профилей Химическая технология органических веществ, Химическая технология неорганических веществ, Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов, Технология и переработка полимеров изучают дисциплину «Органическая химия» на 2 курсе (3 семестр).

Для изучения дисциплины отводится 288 часов, в том числе: лекции – 51 час; лабораторные занятия – 68 часов; самостоятельная работа – 133 часа. Формой промежуточной аттестации является экзамен.

В рабочую программу курса включены следующие виды самостоятельной работы:

- подготовка и оформление лабораторной работы;
- проработка конспектов лекции;
- самостоятельное изучение тем курса и решение задач;
- выполнение домашней контрольной работы.

Методические указания к самостоятельной работе содержат рекомендации по выполнению домашней контрольной работы 1.

Варианты заданий выдаются студентам после изучения следующих тем курса:

- предельные углеводороды;
- этиленовые углеводороды;
- ацетиленовые углеводороды;
- диеновые углеводороды.

2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Оказание методической помощи студентам при самостоятельном выполнении домашней контрольной работы 1 «Получение и свойства углеводородов» по курсу «Органическая химия». Приведены варианты контрольных заданий и пример их

решения. Номер варианта контрольного задания выдается преподавателем. Приведен список рекомендуемой литературы.

3. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ВАРИАНТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

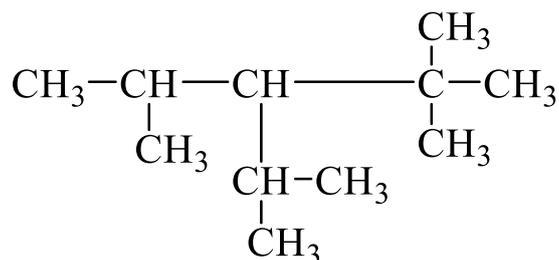
1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре:

а) диизопропил-*трет*-бутилметан; б) *симм*-диизобутилэтилен; в) этил-*втор*-бутилацетилен; г) пропиаллен.

Решение.

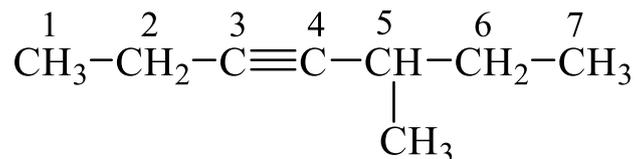
а) В примере приведен предельный углеводород, названный по рациональной номенклатуре. Родоначальником ряда предельных углеводородов является метан. Все остальные соединения рассматриваем как его производные, образованные замещением водородных атомов метана алкильными радикалами.

Записываем формулу диизопропил-*трет*-бутилметана:



Основные правила названия соединений предельного ряда по систематической номенклатуре:

- в соединении выбираем самую длинную неразветвленную цепь;
- цепь нумеруем с того конца, к которому ближе радикал-заместитель;
- в названии соединения цифрой указываем место радикал-заместителя и называем его, затем называем углеводород главной (самой длинной) цепи.

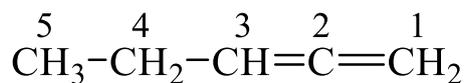


Основные правила названия ненасыщенных углеводородов с тройной связью по систематической номенклатуре:

- в соединении выбираем самую длинную неразветвленную цепь, содержащую тройную связь;
- цепь нумеруем ее так, чтобы положению тройной связи соответствовал наименьший порядковый номер;
- название углеводорода образуем путем замены окончания -ан в названии соответствующего алкана на -ин.

По систематической номенклатуре *симм*-диизобутилэтилен называем 5-метил-3-гептин.

г) Пропилаллен – диеновый углеводород, содержит две двойные связи.



1,2-пентадиен

2. Получите диэтилацетилен из хлорэтана.

Решение.

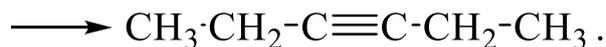
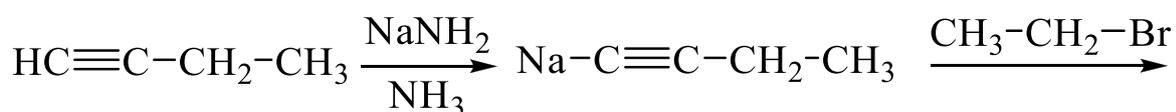
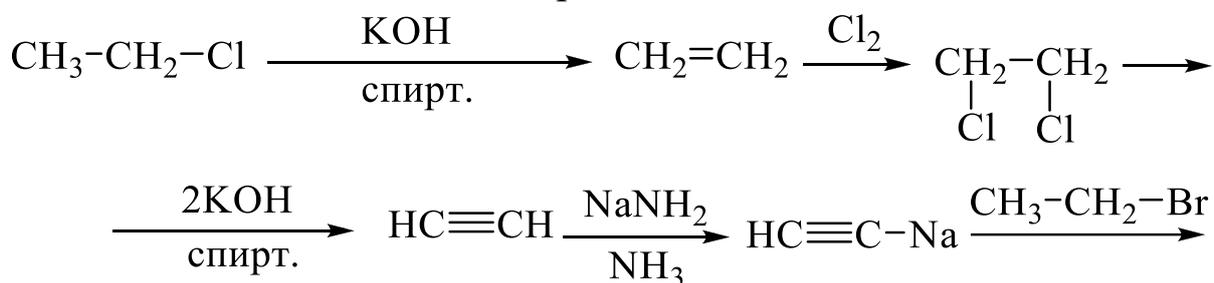
Это задание заключается в разработке многостадийной схемы синтеза более сложного органического соединения из менее сложного. Для его выполнения обычно используют два основных подхода: планирование от начального соединения к конечному и от конечного к исходного. Первый используют в более простых случаях, когда в структуре конечного продукта просматриваются структурные элементы исходного соединения.

Для решения данной задачи этот метод может быть использован следующим образом. При рассмотрении брутто-схемы заданного превращения:



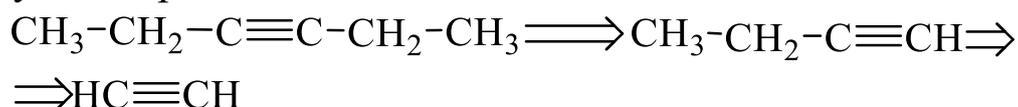
и методов получения ацетиленовых углеводородов можно прийти к выводу, что диэтилацетилен можно синтезировать реакцией алкилирования ацетилена. Для получения ацетилена из хлорэтана

последний необходимо превратить в этилен, а затем и 1,2-дихлорэтан. Поэтому общая схема превращения хлорэтана в диэтилацетилен может быть представлена в виде:

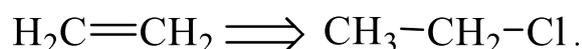
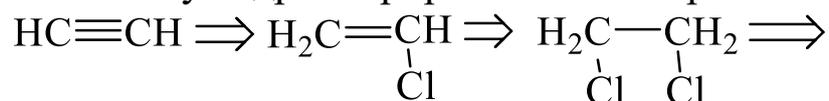


Метод планирования от конечного к исходному более универсален и связан с проведением так называемого ретросинтетического анализа – разборки конечной молекулы с использованием ретросинтетических операций (обратных операциям синтеза). Для их обозначения обычно используется стрелка вида: \Longrightarrow .

Диэтилацетилен может быть подвергнут ретросинтетической разборке (деалкилированию) на молекулу ацетилена и две молекулы хлорэтана.



Далее ацетилен для превращения в хлорэтан может быть подвергнут ретросинтетическому гидрохлорированию в хлористый винил, а затем и в 1,2-дихлорэтан, а 1,2-дихлорэтан ретросинтетическому дехлорированию в этилен, а последний ретросинтетическому гидрохлорированию в хлорэтан:

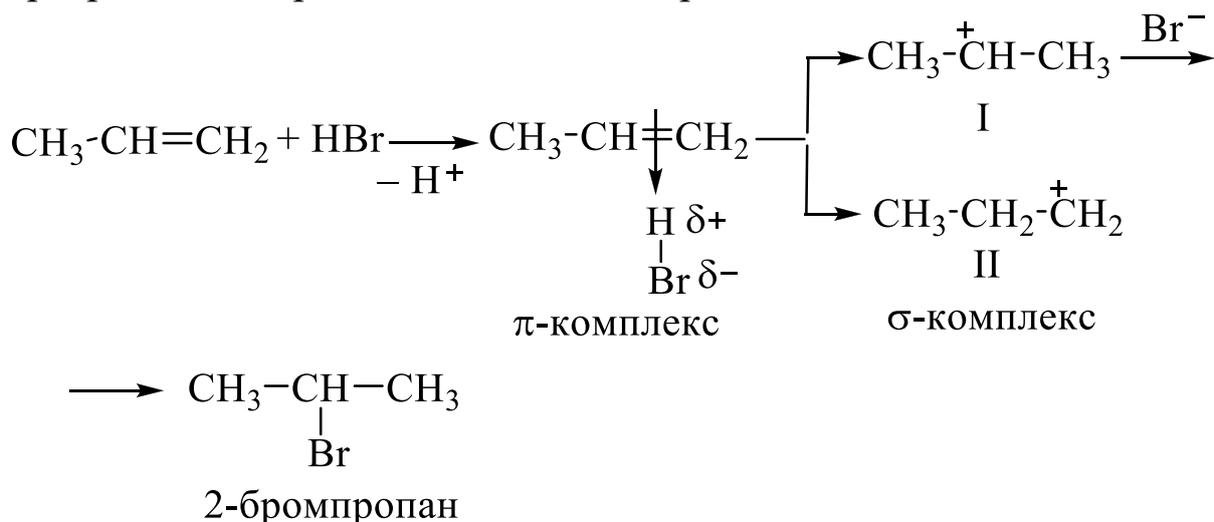


В данном случае второй подход приводит к той же синтетической схеме, что и первый.

3. Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения HBr к пропилену.

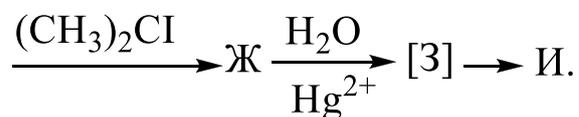
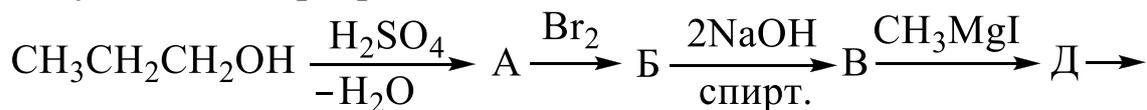
Решение.

Присоединение галогеноводородов по двойной связи включает стадии образования π -комплекса (за счёт кулоновских сил), его превращения в σ -комплекс (карбокатион) и стадию превращения карбокатиона в галогенпроизводное:



В случае несимметричных алкенов, к которым относится и пропилен, возможно образование двух карбокатионов I и II. Преимущественно образуется более устойчивый карбокатион I (эффект сверхсопряжения + индуктивный эффект), что согласуется с правилом Марковникова.

4. Осуществите превращения:

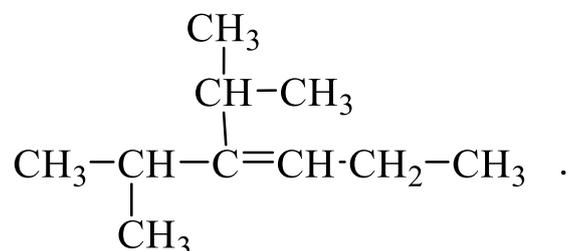


Решение.

Общий анализ схемы превращений показывает, что превращение 1-пропанола под действием серной кислоты – это реакция дегидратации; продукта Б в продукт В – реакция элиминирования галогеноводорода; продукт Ж – ацетиленовый углеводород, вступающий затем в реакцию Кучерова. С учётом

радикалы: $R_1=R_2$ =изопропил; R_3 =этил. При этом четвёртый радикал отсутствует ($R_4=H$).

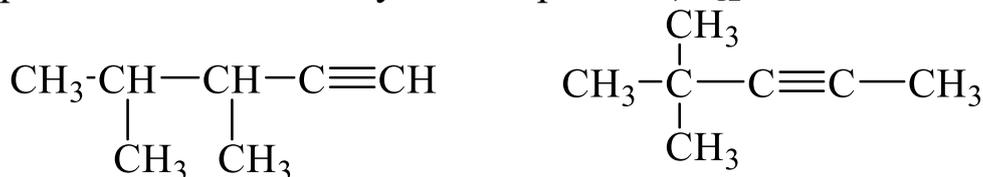
Следовательно, исходный алкен имеет следующее строение:



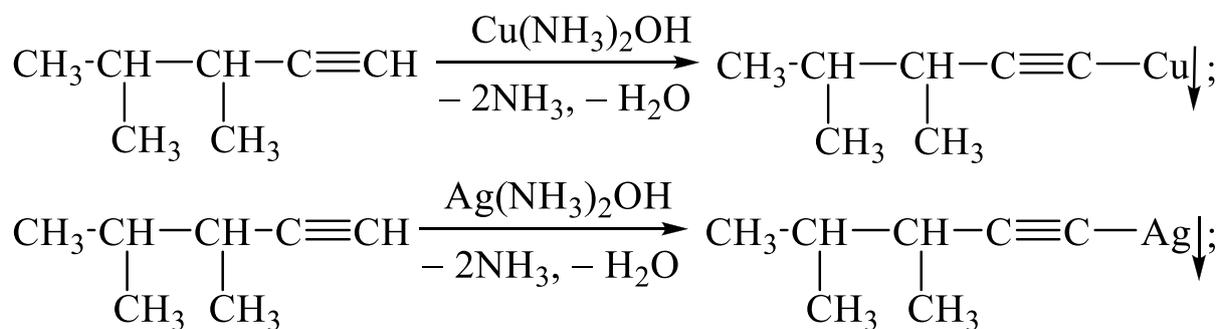
6. С помощью каких реакций можно различить 3,4-диметил-1-пентин и 4,4-диметил-2-пентин.

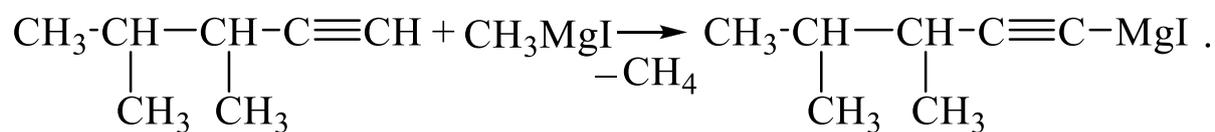
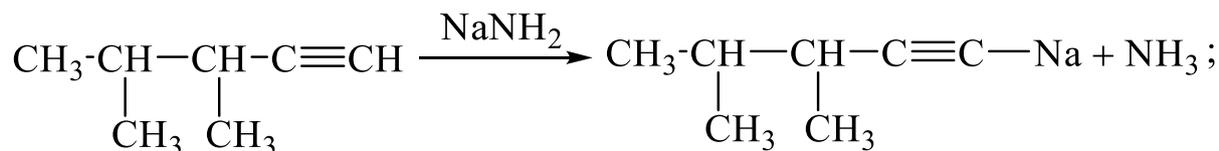
Решение.

Предлагаемые соединения являются структурными изомерами ацетиленового углеводорода C_7H_{12} :



Рассмотрение строения 3,4-диметил-1-пентина и 4,4-диметил-2-пентина показывает, что они отличаются положением тройной связи. При этом 3,4-диметил-1-пентин в отличие от 4,4-диметил-2-пентина содержит СН-связь у sp -гибризованного атома углерода тройной связи. Такие СН-связи вступают в реакции замещения, например, с аммиачными растворами хлорида меди (I) или оксида серебра с образованием окрашенных осадков, с амидом натрия, с реактивом Гриньяра:



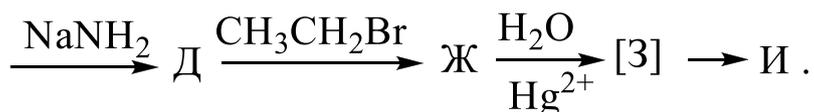
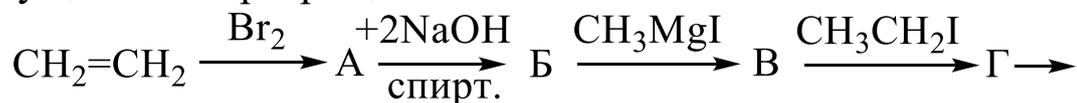


4,4-диметил-2-пентин в эти реакции не вступает.

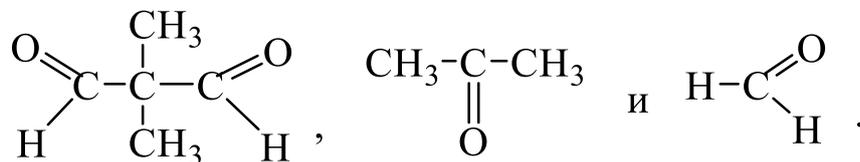
4. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Вариант № 1

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) этилдиизопропил-*трет*-бутилметан; б) *симм*-диизобутилэтилен; в) этил-*втор*-бутилацетилен; г) трипропилаллен.
2. Получите метилэтилацетилен из метана.
3. Напишите и объясните механизм гидратации пропилена.
4. Осуществите превращения:



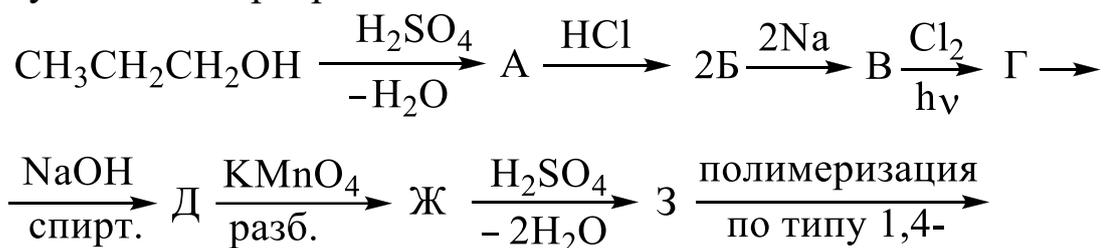
5. При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:



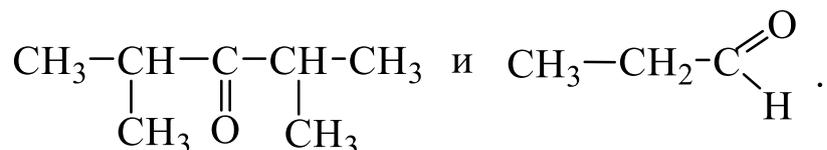
6. С помощью каких реакций можно различить 2,4-гептадиен и 2,6-гептадиен.
7. Напишите и объясните механизм реакции радикального присоединения Br_2 к 1-пентену.

Вариант № 2

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) триизопропилметан; б) *несимм-*этилизобутилэтилен; в) *втор-бутил-трет-бутилацетилен*; г) этилбутадиен.
2. Получите из бромистого метила метилацетилен.
3. Напишите и объясните механизм присоединения HBr к 1-бутену в присутствии H₂O₂.
4. Осуществите превращения:



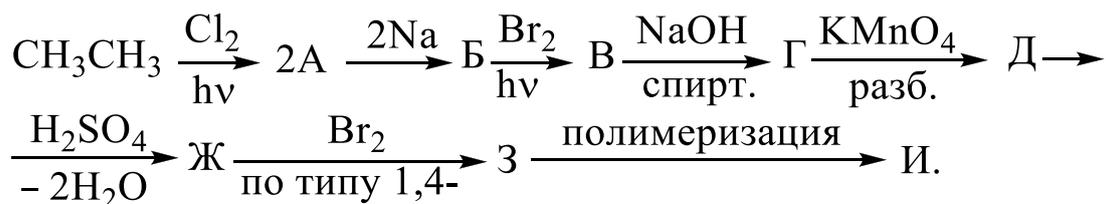
5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



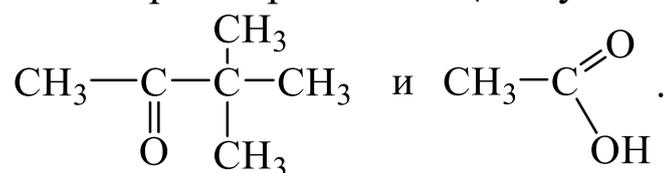
6. С помощью каких реакций можно различить 1,5-гептадиен и 2,3-диметил-1,3-пентадиен.
7. Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения Br₂ к 1,3-гексадиену.

Вариант № 3

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) диизопропилди-*трет-бутилметан*; б) *симм-*этилди-*втор-бутилэтилен*; в) диизобутилацетилен; г) изопрен.
2. Получите из иодистого метила диметилацетилен.
3. Напишите и объясните механизм нитрования предельных углеводородов (по Коновалову) на примере пропана.
4. Осуществите превращения:



5. При окислении какого этиленового углеводорода концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



6. С помощью каких реакций можно различить 3,4-диметил-1-гексин и 4-этил-2-гексин.
7. Напишите и объясните механизм реакции нуклеофильного присоединения этилового спирта к ацетилену.

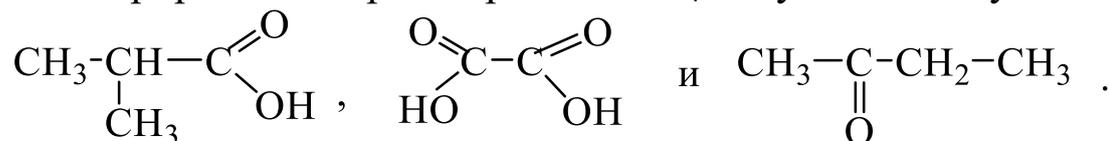
Вариант № 4

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) диэтилизобутилметан; б) *несимм*-дипропил-*втор*-бутилэтилен; в) *изобутил-трет*-бутилацетилен; г) *симм*-диэтилаллен.
2. Получите из пропана метилизопропилацетилен.
3. Напишите и объясните механизм радикальной полимеризации 2-бутена.

4. Осуществите превращения:



5. При окислении какого диенового углеводорода концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:

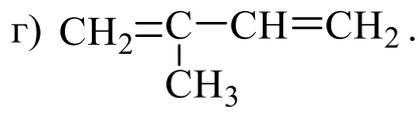
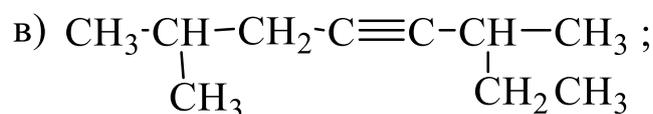
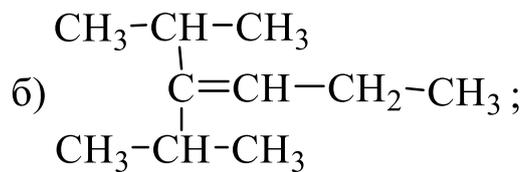
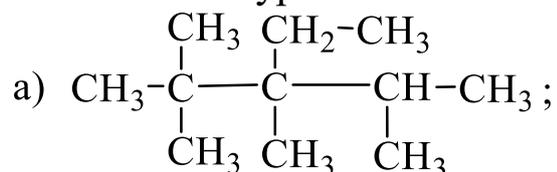


6. С помощью каких реакций можно различить 2-метил-1,3-бутадиен и 1,4-пентадиен.

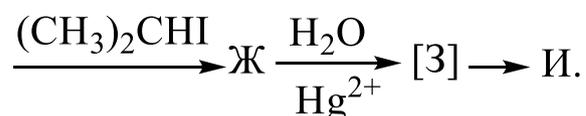
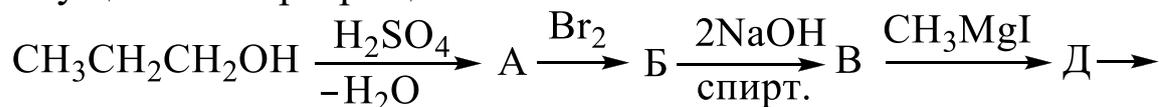
7. Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения HBr к 1-пентену.

Вариант № 5

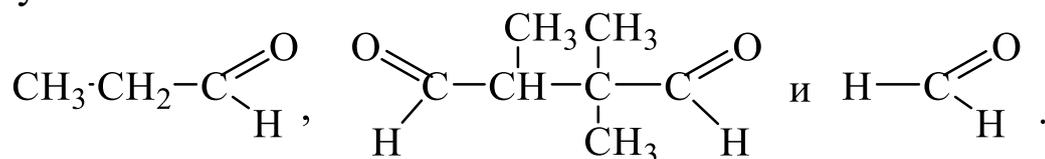
1. Назовите соединения по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите из диэтилацетилен из иодэтана.
3. Напишите и объясните механизм озонирования 1-бутена.
4. Осуществите превращения:



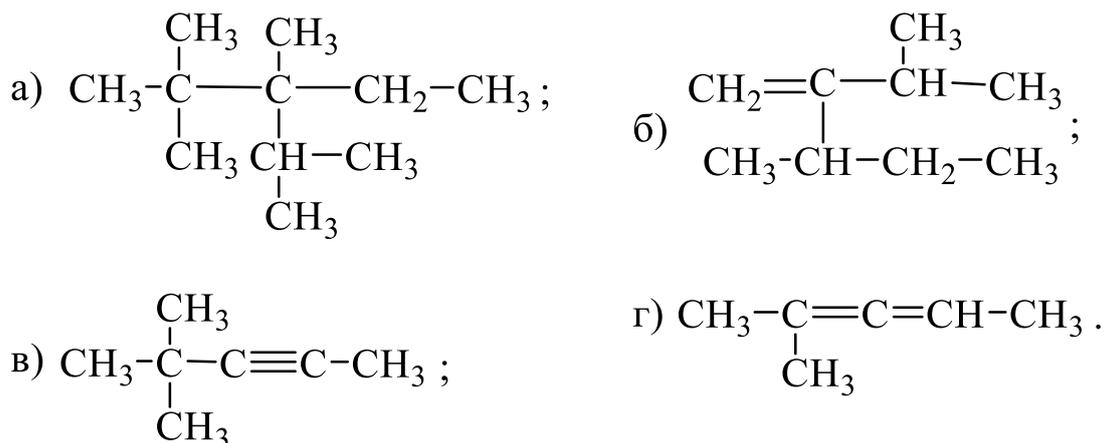
5. При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:



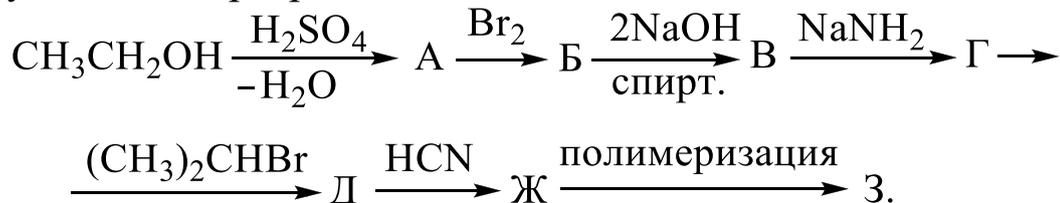
6. С помощью каких реакций можно различить 1-гептин и 2-метил-3-гексин.
7. Напишите и объясните механизм реакции радикально-цепного хлорирования изобутана.

Вариант № 6

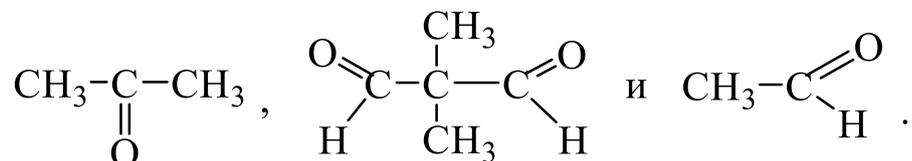
1. Назовите соединения по систематической и рациональной номенклатурам:



- Получите дивинил из иодистого этила.
- Напишите и объясните механизм радикального присоединения Br_2 к 1-бутену.
- Осуществите превращения:



- При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:

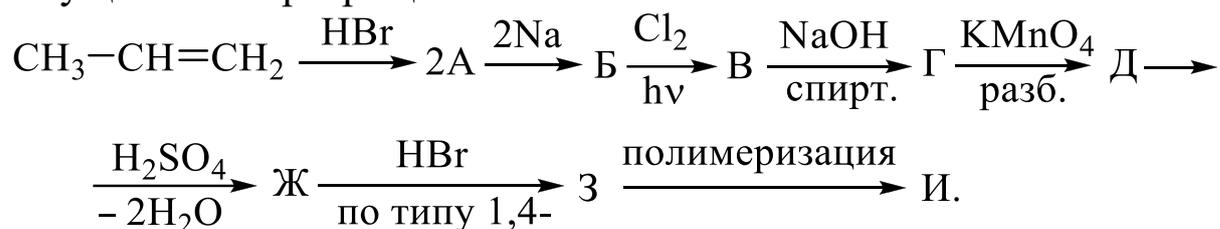


- С помощью каких реакций можно различить 3,4-диметил-1-пентин и 4,4-диметил-2-пентин.
- Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения HCl к изопрену.

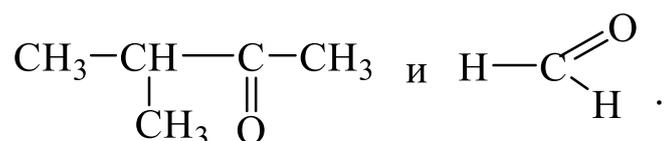
Вариант № 7

- Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) диизопропил-втор-бутилметан; б) несимметрично-пропил-трет-бутилэтилен; в) диизобутилацетилен; г) изопрен.
- Получите диметилацетилен из иодистого метила.
- Напишите и объясните механизм реакции бромирования предельных углеводородов (на примере изобутана).

4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:

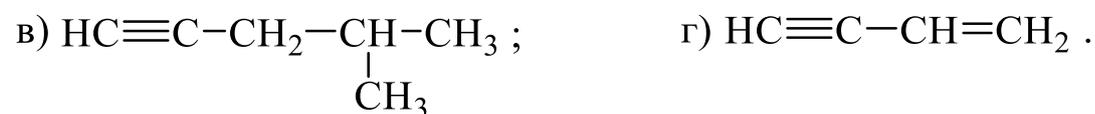
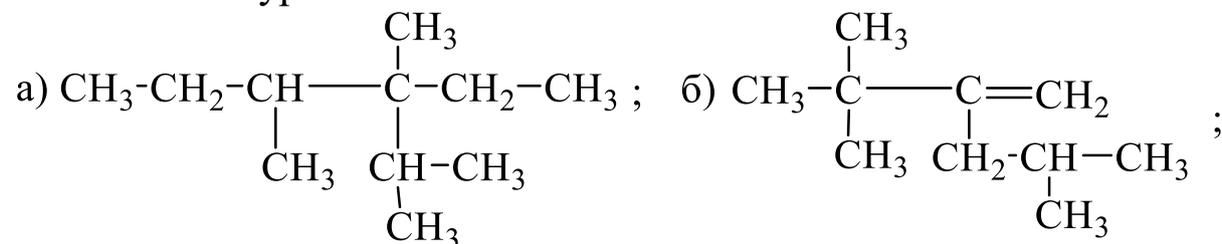


6. С помощью каких реакций можно различить 1,4-пентадиен и 2-пентин.

7. Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения HBr к 1,3-пентадиену.

Вариант № 8

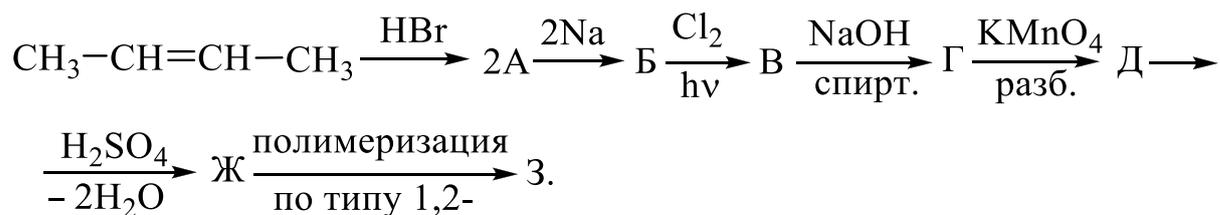
1. Назовите соединения по систематической и рациональной номенклатурам:



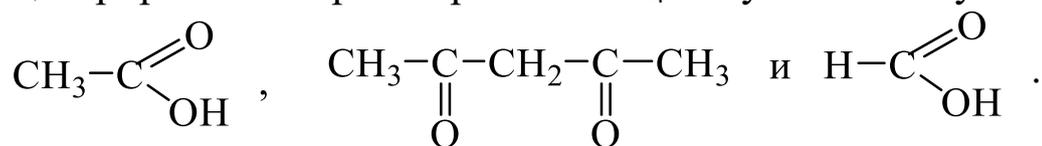
2. Получите из пропилена метилизопропилацетилен.

3. Напишите и объясните механизм реакции присоединения HCN к ацетиленовым углеводородам.

4. Осуществите превращения:



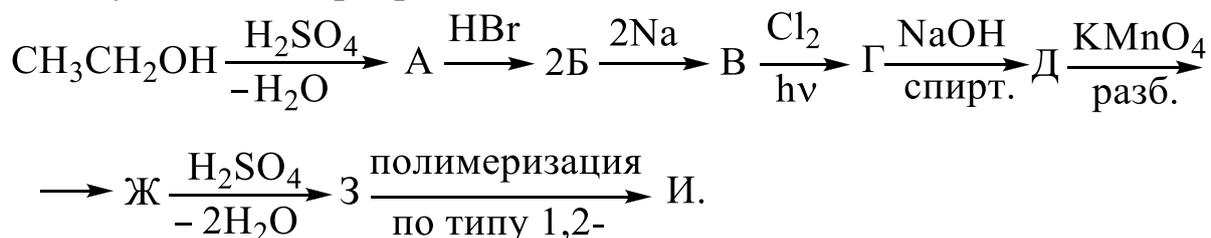
5. При окислении какого диенового углеводорода концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



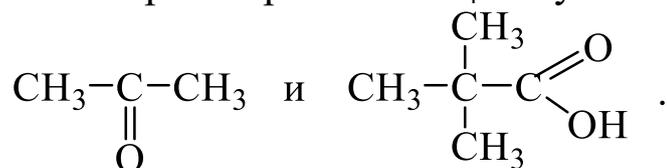
6. С помощью каких реакций можно различить винилацетилен и 1,3-бутадиен.
7. Напишите и объясните механизм реакции присоединения Br_2 к 1-бутену (по радикально-цепному механизму).

Вариант № 9

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) диметил-втор-бутилметан; б) несимметрично-изобутилпентилэтилен; в) ди-трет-бутилацетилен; г) триэтилаллен.
2. Получите дивинил из бромистого этила.
3. Напишите и объясните механизм радикальной полимеризации 1,3-бутадиена.
4. Осуществите превращения:



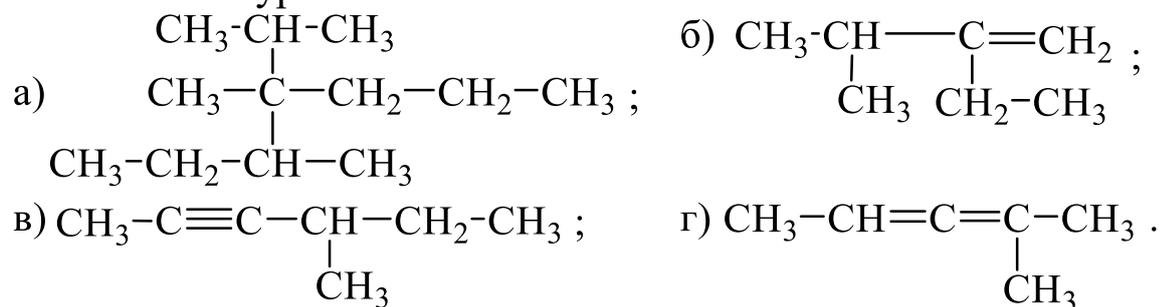
5. При окислении какого этиленового углеводорода концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



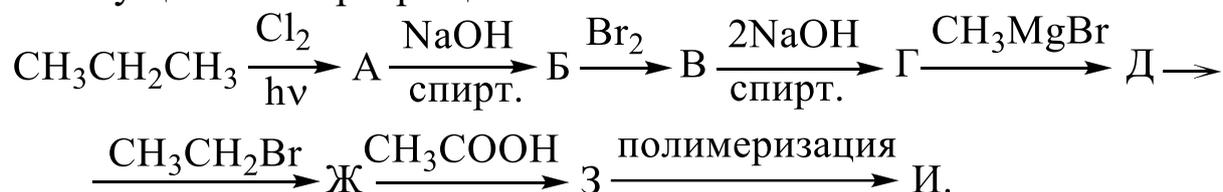
6. С помощью каких реакций можно различить 2-метил-1,3-пентадиен и 1,5-гексадиен.
7. Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения Br_2 к 2-метилпропену.

Вариант № 10

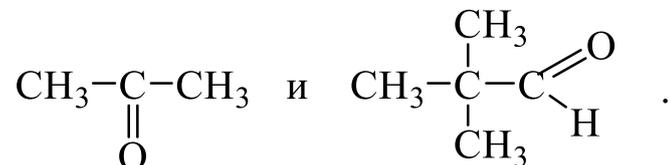
1. Назовите соединения по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите дивинил из этилена.
3. Приведите основные реакции, протекающие при крекинге предельных углеводородов (на примере гексана).
4. Осуществите превращения:



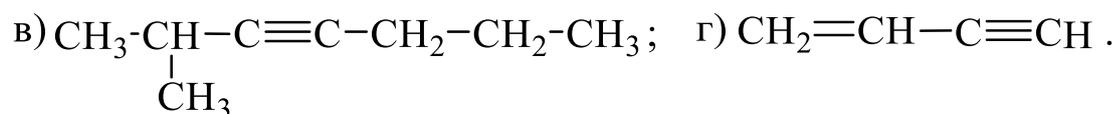
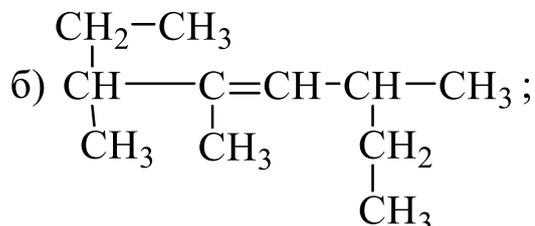
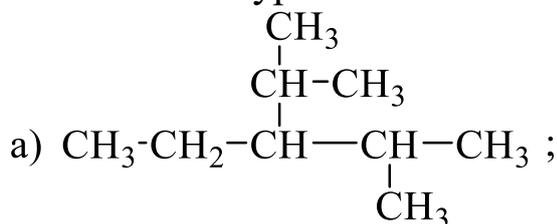
5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



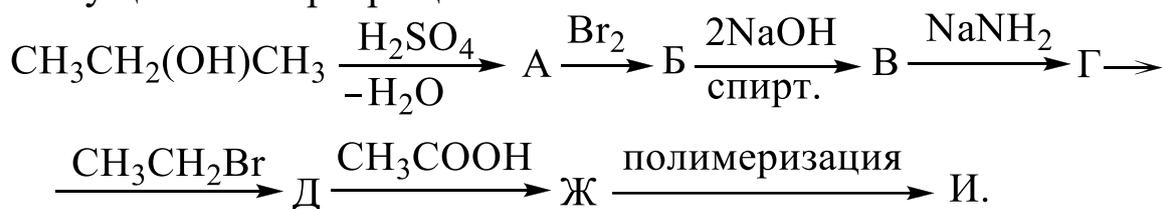
6. С помощью каких реакций можно различить *втор-*бутилацетилен и метилпропилацетилен.
7. Напишите и объясните механизм катионной полимеризации изобутилена.

Вариант № 11

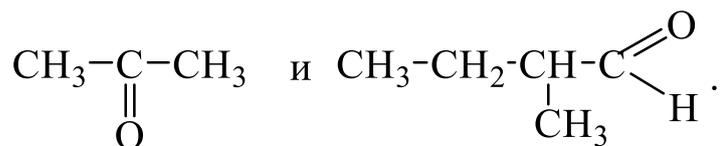
1. Назовите соединения по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите этилацетилен из этилового спирта.
 3. Напишите и объясните механизм реакции присоединения бутилового спирта к ацетиленовым углеводородам.
 4. Осуществите превращения:



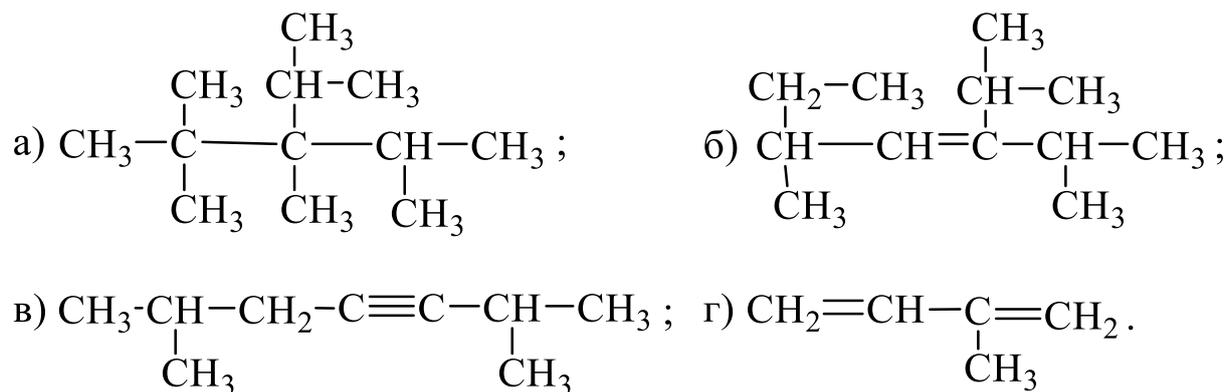
5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



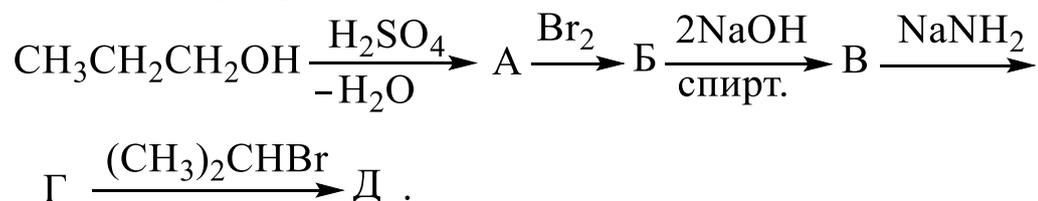
6. С помощью каких реакций можно различить 1,3- и 1,4-пентадиены.
 7. Напишите и объясните механизм реакции присоединения Br_2 к 1-бутену (электрофильное присоединение).

Вариант № 12

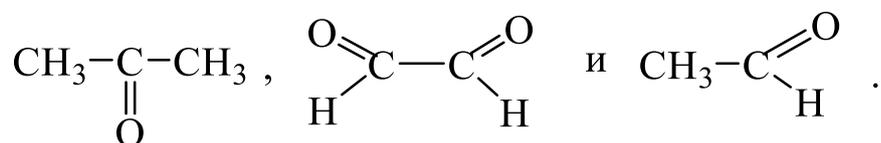
1. Назовите соединения по систематической и рациональной номенклатурам:



- Получите дивинил из этилена.
- Напишите и объясните механизм присоединения галогеноводородов к этиленовым углеводородам в присутствии пероксидных соединений (на примере изобутилена).
- Осуществите превращения:



- При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:

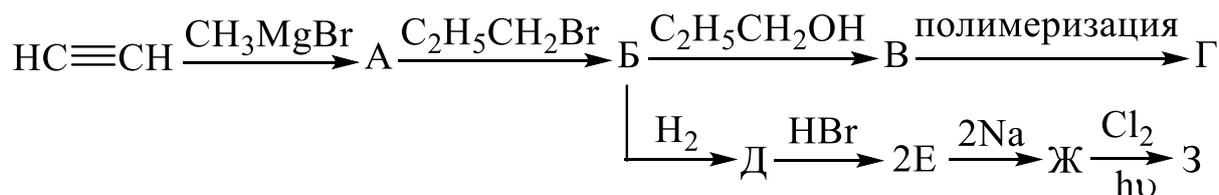


- С помощью каких реакций можно различить *трет*-бутилацетилен и диэтилацетилен.
- Напишите и объясните механизм реакции диенового синтеза Дильса-Альдера.

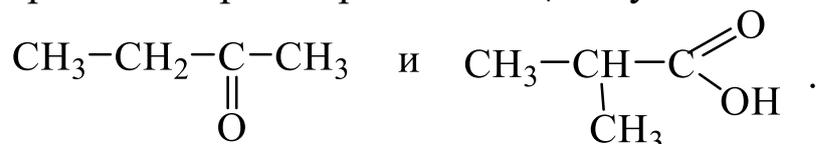
Вариант № 13

- Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) метилизопропил-*втор*-бутилметан; б) *несимм*-ди-*трет*-бутилэтилен; в) этилизобутилацетилен; г) *симм*-диизопропилаллен.
- Получите из этана диметилацетилен.
- Напишите и объясните механизм реакции гидратации этиленовых углеводородов (на примере 1-бутена).

4. Осуществите превращения:



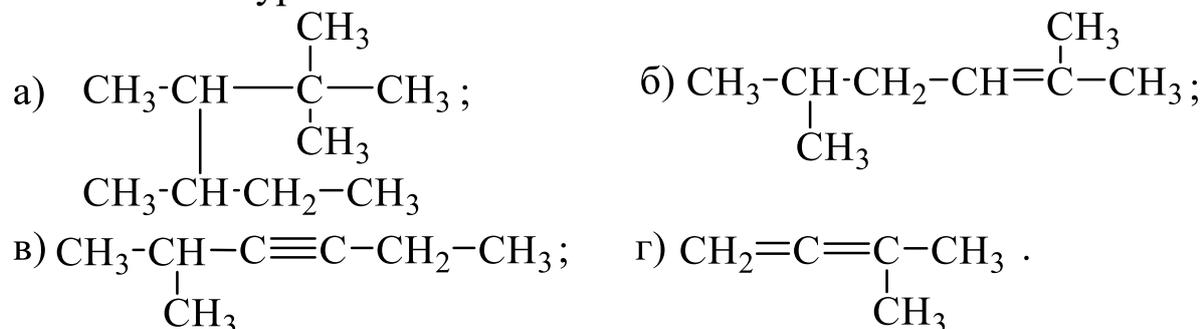
5. При окислении какого этиленового углеводорода состава C_8H_{16} концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



6. С помощью каких реакций можно различить метилэтилацетилен и изопропилацетилен.
7. Напишите и объясните механизм реакции нитрования предельных углеводородов по Коновалову (на примере изобутана).

Вариант № 14

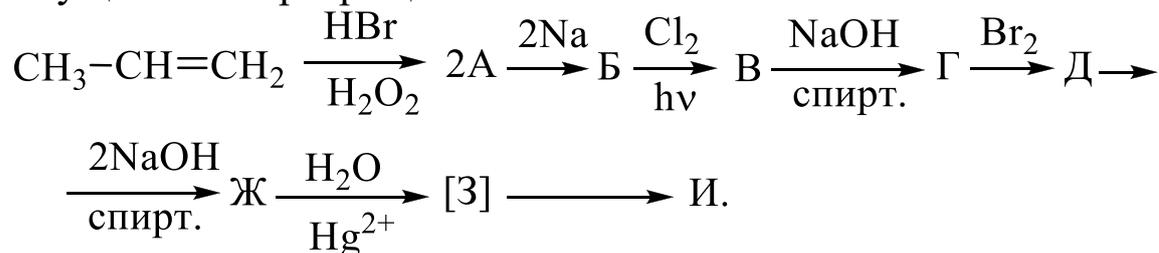
1. Назовите соединения по систематической и рациональной номенклатурам:



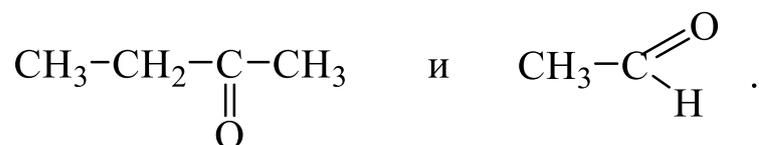
2. Получите дивинил из метана.

3. Напишите и объясните механизм озонирования этиленовых углеводородов (на примере изобутилена).

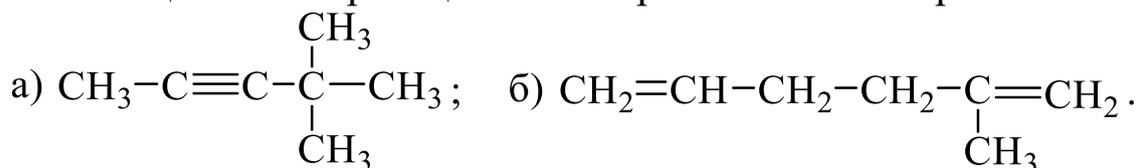
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



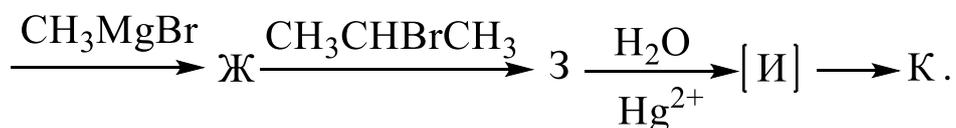
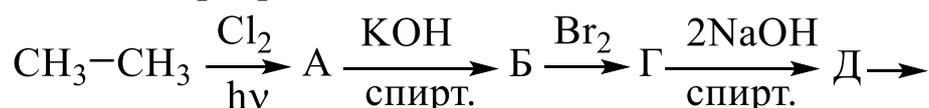
6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:



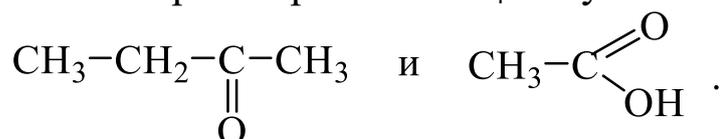
7. Напишите основные реакции, которые протекают при крекинге предельных углеводородов (на примере гексана).

Вариант № 15

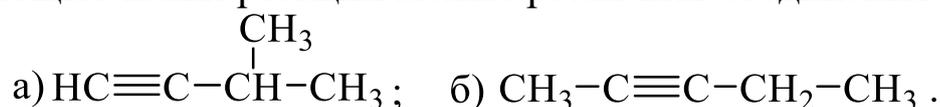
1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) *изопропил-трет-бутилметан*; б) *симм-изобутил-втор-бутилэтилен*; в) *этилизопропилацетилен*; г) *симм-диметилаллен*.
2. Получите 1,3-бутадиен из ацетилена.
3. Напишите и объясните механизм 1,2- и 1,4-присоединения HBr к диеновым углеводородам.
4. Осуществите превращения:



5. При окислении какого этиленового углеводорода состава C_6H_{12} концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



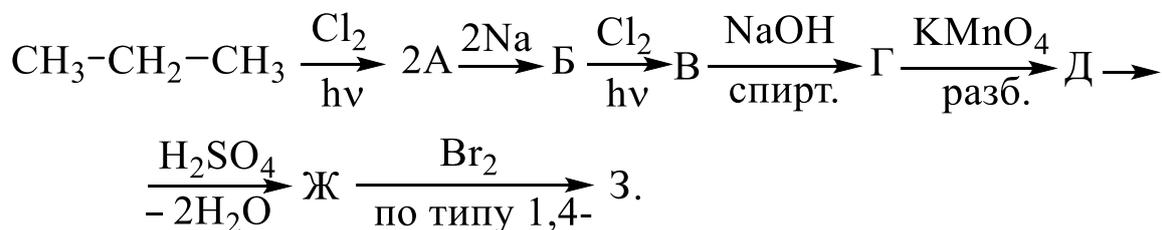
6. С помощью каких реакций можно различить соединения:



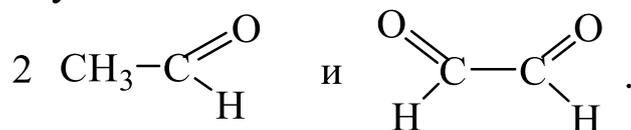
7. Напишите и объясните механизм реакции Кольбе.

Вариант № 17

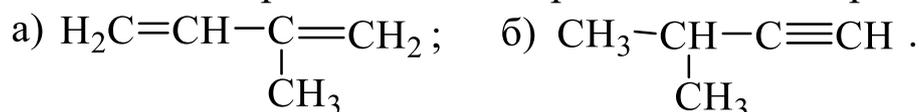
1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) диэтил-*трет*-бутилметан; б) триэтилэтилен; в) диизобутилацетилен; г) *симм*-изопропилизобутилаллен.
2. Получите метилацетилен из метана.
3. Напишите и объясните механизм сульфохлорирования пропана.
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого диенового углеводорода состава C_6H_{10} могут быть получены:



6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:



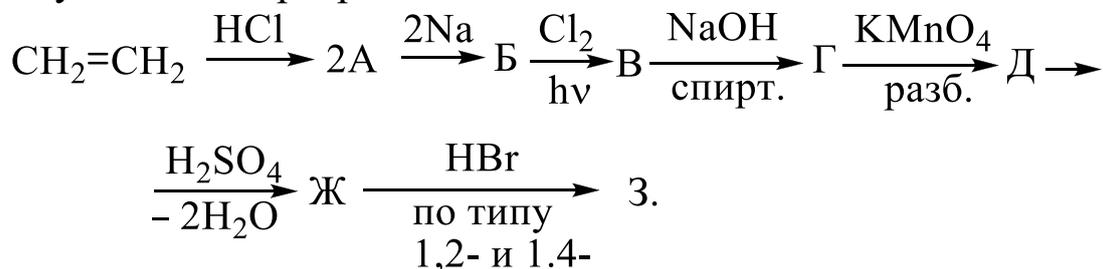
7. Напишите и объясните механизм анионной полимеризации акрилонитрила.

Вариант № 18

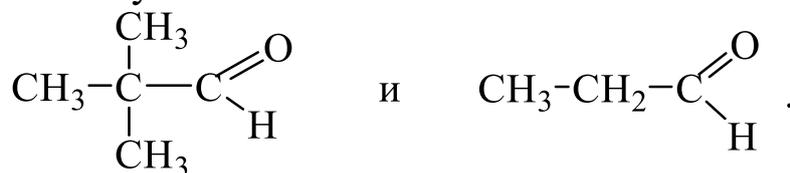
1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) диизопропил-*трет*-бутилметан; б) *симм*-ди-*втор*-бутилэтилен; в) диизопропилацетилен; г) *симм*-метилпропилаллен.
2. Получите 1,3-бутадиен из ацетилена (через пропаргиловый спирт).

3. Напишите и объясните механизм присоединения галогенводородов к этиленовым углеводородам в присутствии пероксидных соединений.

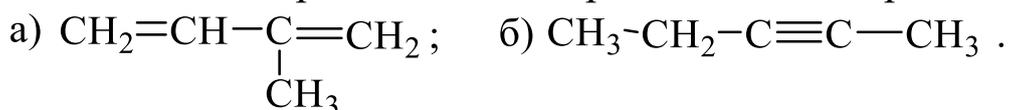
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого этиленового углеводорода состава C_8H_{16} могут быть получены:



6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:



7. Напишите и объясните механизм реакции присоединения этилового спирта к ацетилену.

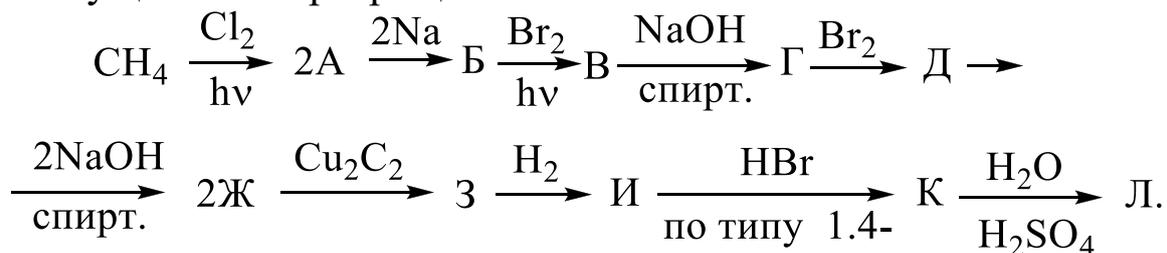
Вариант № 19

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) метилизопропил-*трет*-бутилметан; б) *несимм*-ди-*втор*-бутилэтилен; в) изобутилацетилен; г) *симм*-диизопропилаллен.

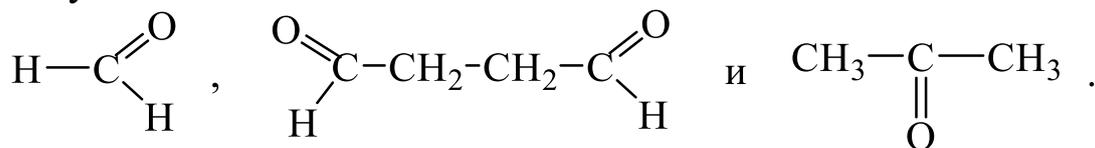
2. Получите 1,3-бутадиен из этана.

3. Напишите и объясните механизм катионной полимеризации (на примере изобутилена).

4. Осуществите превращения:



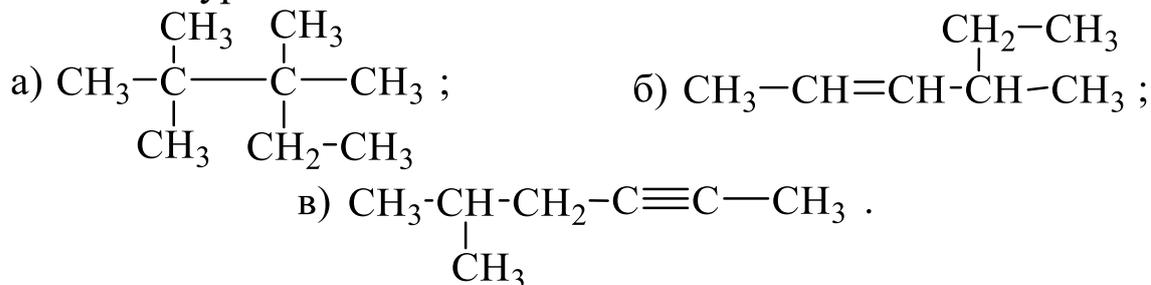
5. При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:



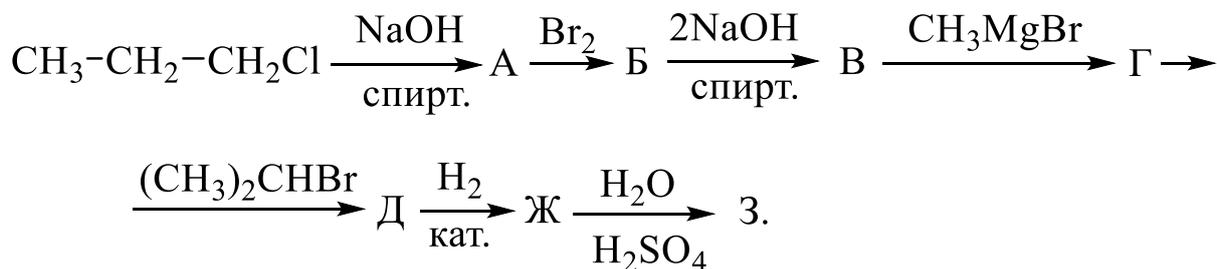
6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:
 а) $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$; б) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$.
7. Напишите и объясните механизм реакции нуклеофильного присоединения синильной кислоты к ацетилену.

Вариант № 20

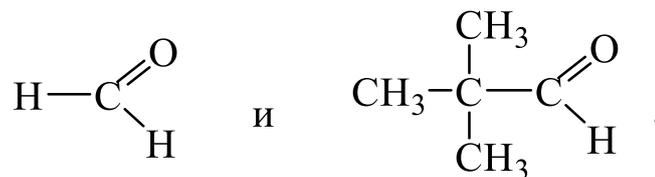
1. Назовите соединения по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите метилацетилен из метана.
 3. Напишите и объясните механизм радикальной полимеризации (на примере пропилена).
 4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



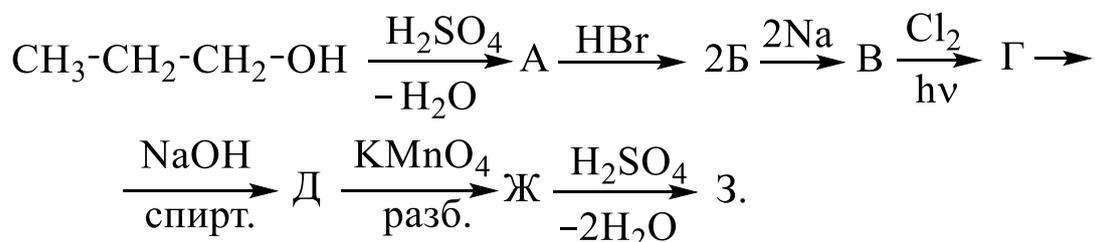
6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:

а) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$; б) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$.

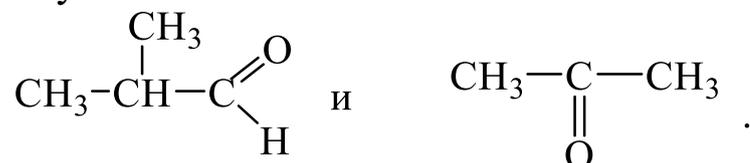
7. Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения Br_2 к 1-бутену.

Вариант № 21

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) изопропилизобутилметан; б) *несимм-ди-втор-бутилэтилен*; в) метил-*трет*-бутилацетилен; г) этилаллен.
2. Получите диэтилацетилен из хлорэтана.
3. Напишите и объясните механизм реакции нитрования пропана по Коновалову.
4. Осуществите превращения:



5. При озоноллизе какого этиленового углеводорода состава C_7H_{14} могут быть получены:



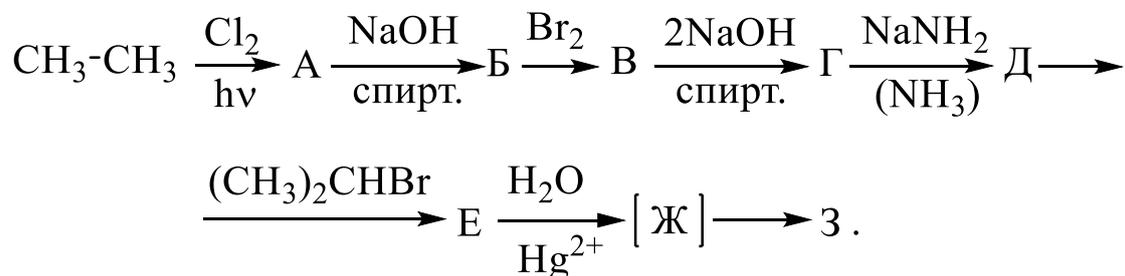
6. С помощью каких реакций можно отличить диметилацетилен и этилацетилен.
7. Напишите и объясните механизм озоноллиза 2-метил-2-пентена.

Вариант № 22

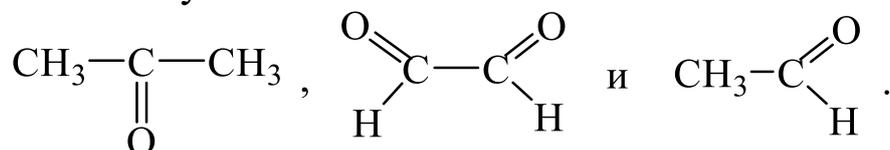
1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) метилэтил-*втор-бутилметан*; б) *симм-этилизопропилэтилен*; в) *изобутилацетилен*; г) *изопрен*.
2. Получите дивинил из этилена.

3. Напишите и объясните механизм реакции окисления предельных углеводородов кислородом воздуха (на примере бутана).

4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого диенового углеводорода состава C_7H_{14} могут быть получены:



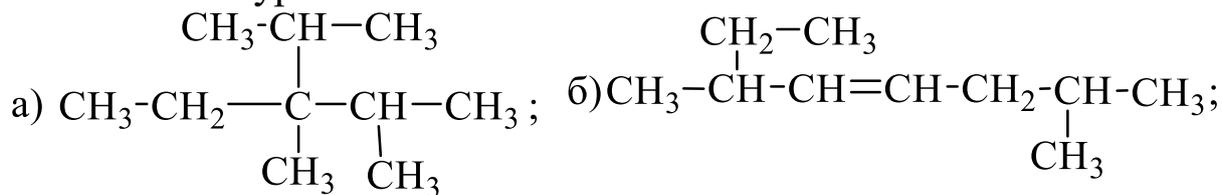
6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:

а) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$; б) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$.

7. Напишите и объясните механизм катионной полимеризации 2-метилпропена.

Вариант № 23

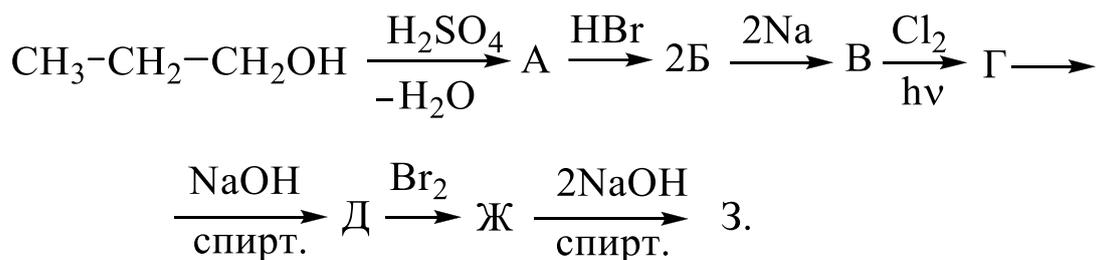
1. Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



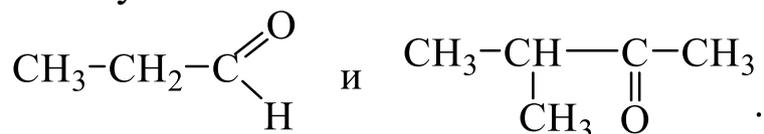
2. Получите этилацетилен из этана.

3. Напишите и объясните механизм галогенирования предельных углеводородов (на примере бутана).

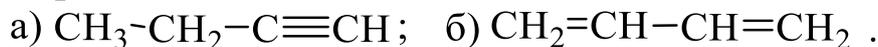
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого этиленового углеводорода состава C_8H_{16} могут быть получены:



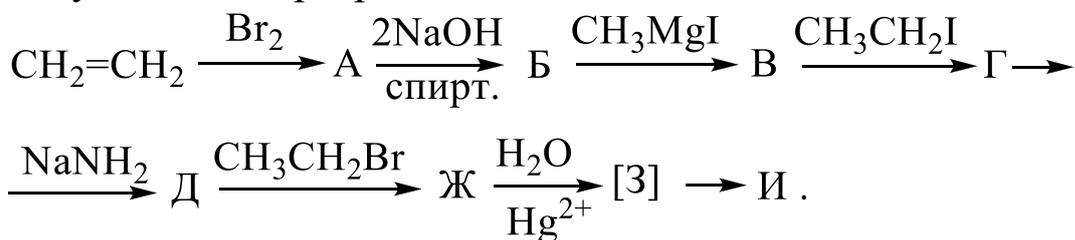
6. С помощью каких реакций можно отличить изомерные углеводороды:



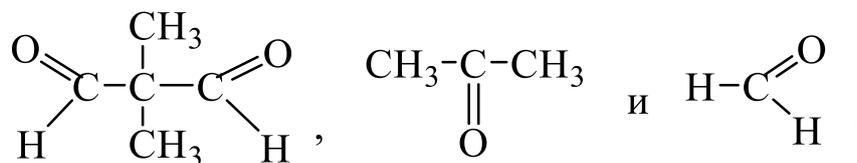
7. Напишите и объясните механизм электрофильного присоединения HBr к 1-бутену.

Вариант № 24

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) метилэтилизопропилметан; б) *трет*-бутилэтилен; в) изобутилацетилен; г) изопрен.
2. Получите метилэтилацетилен из метана.
3. Напишите и объясните механизм озонлиза 2-метил-2-пентена.
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:

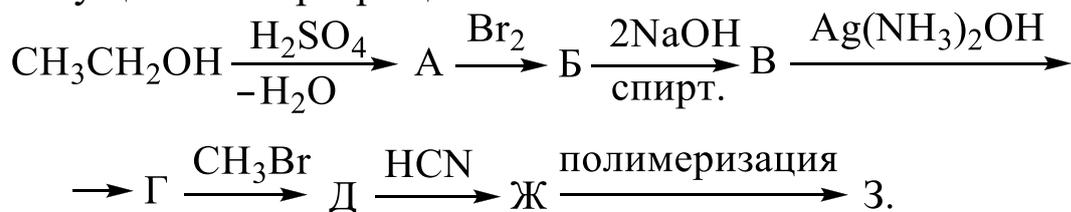


- С помощью каких реакций можно различить 1,4-пентадиен и 1,3-бутадиен.
- Напишите и объясните механизм реакции диенового синтеза на примере изопрена и акрилонитрила.

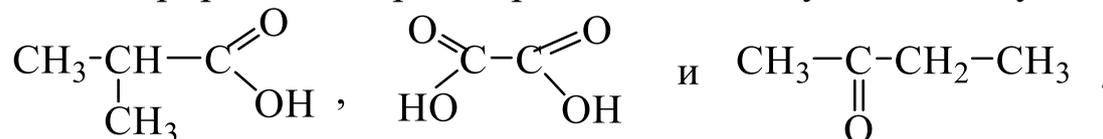
Вариант № 25

- Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) триметилэтил-*втор*-бутилметан; б) тетраэтилэтилен; в) изобутилацетилен; г) пропадиен.
- Получите из бромистого метила метилацетилен.
- Напишите и объясните механизм катионной полимеризации 2-метилпропена.

- Осуществите превращения:



- При окислении какого диенового углеводорода концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:

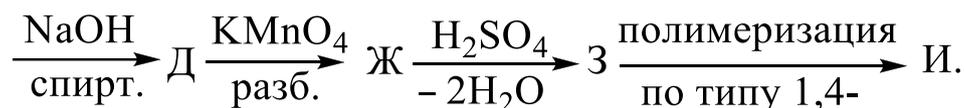
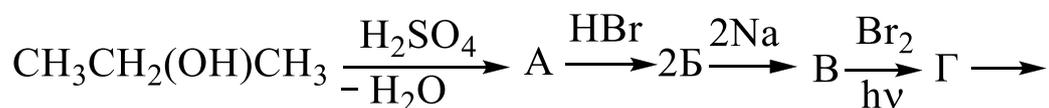


- С помощью каких реакций можно различить винилацетилен и диметилацетилен.
- Напишите и объясните механизм реакции радикального присоединения Br_2 к 1-пентену.

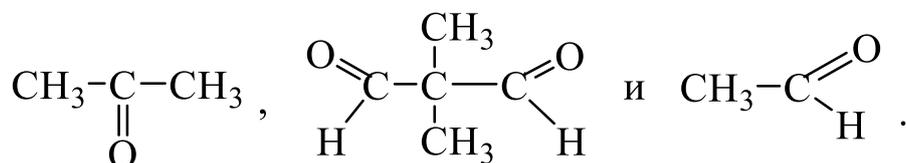
Вариант № 26

- Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) диметил-*н*-бутилметан; б) *симм*-диизопропилэтилен; в) изобутилацетилен; г) дивинил.
- Получите диметилацетилен из иодистого метила.

3. Напишите механизм присоединения галогеноводородов к этиленовым углеводородам в присутствии пероксидных соединений.
4. Осуществите превращения:



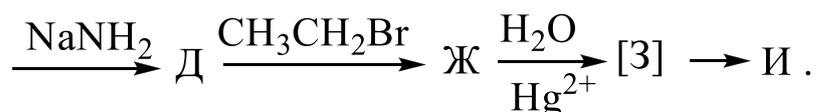
5. При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:



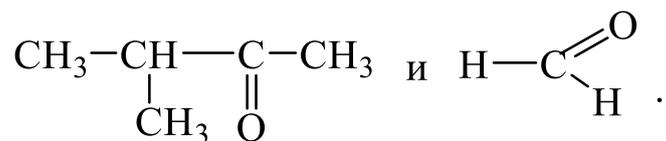
6. С помощью каких реакций можно различить 1-бутин и 1,3-бутадиен.
7. Напишите и объясните механизм озонлиза 2-метил-2-пентена.

Вариант № 27

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) метилпропил-*трет*-бутилметан; б) *несимм*-диизопропилэтилен; в) изобутилацетилен; г) диаллил.
2. Получите изопрен из изопентилового спирта.
3. Напишите механизм реакции нитрования пропана по Коновалову.
4. Осуществите превращения:



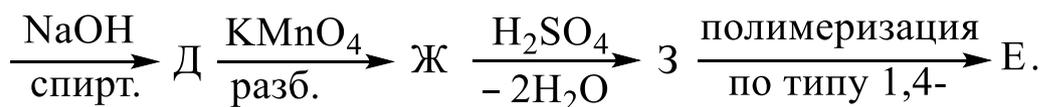
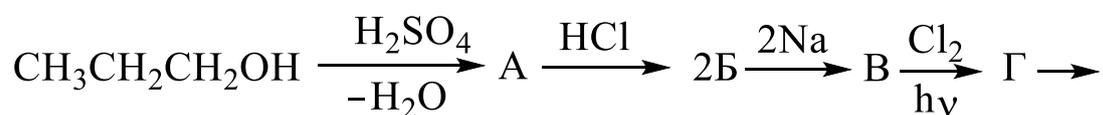
5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



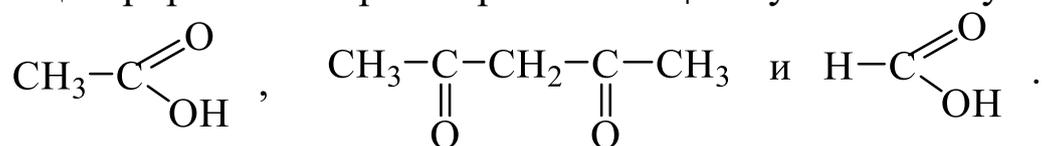
- С помощью каких реакций можно различить винилацетилен и изопрен.
- Напишите механизм реакции гидратации этиленовых углеводородов (на примере 1-бутена).

Вариант № 28

- Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) диэтилизобутилметан; б) *несимм-пропил-втор-бутилэтилен*; в) изобутилацетилен; г) аллен.
- Получите этилацетилен из этана.
- Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения Br_2 к 1-бутену.
- Осуществите превращения:



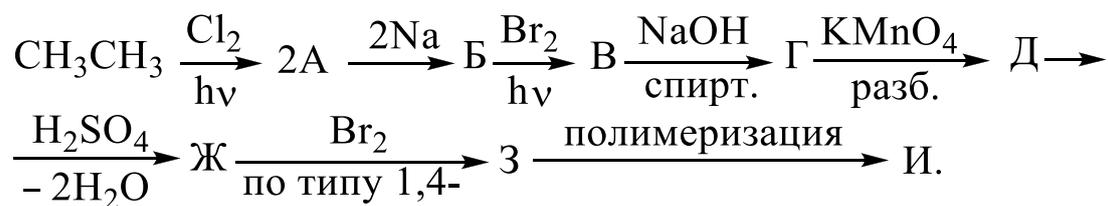
- При окислении какого диенового углеводорода концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



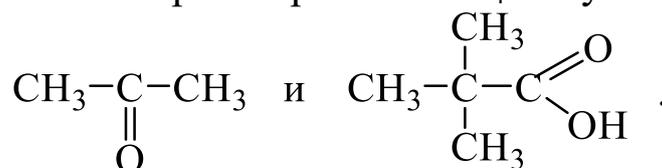
- С помощью каких реакций можно различить винилацетилен и 1,3-бутадиен.
- Напишите и объясните механизм реакции нуклеофильного присоединения синильной кислоты к ацетилену.

Вариант № 29

1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) тетраметилметан; б) *симм*-этилизопропилэтилен; в) изобутилацетилен; г) изопрен.
2. Получите 6-метил-3-гептин из метана.
3. Напишите механизм радикальной полимеризации (на примере пропилена).
4. Осуществите превращения:



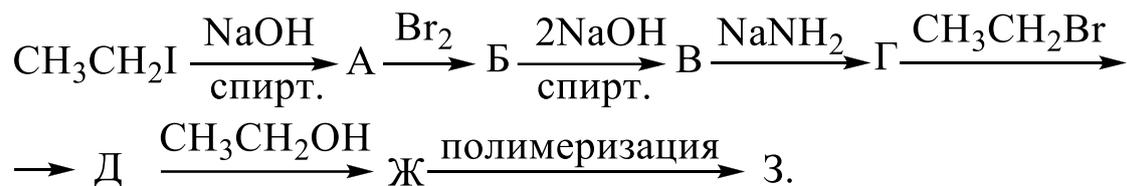
5. При окислении какого этиленового углеводорода концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



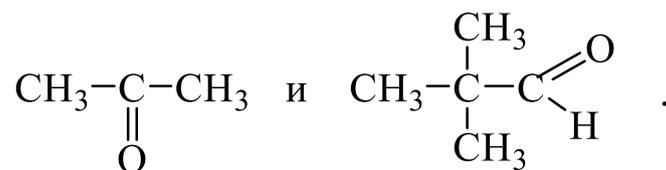
6. С помощью каких реакций можно различить метилэтилацетилен и изопропилацетилен.
7. Напишите механизм реакции окисления предельных углеводородов кислородом воздуха (на примере бутана).

Вариант № 30

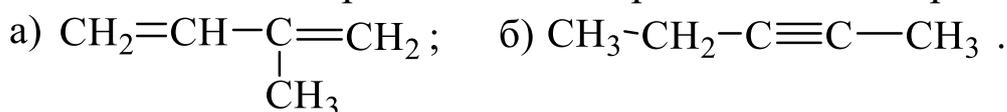
1. Напишите и назовите по систематической номенклатуре соединения: а) метилдиэтил-*втор*-бутилметан; б) *симм*-триметилэтилэтилен; в) изобутилацетилен; г) метилаллен.
2. Получите 2-хлор-1,3-бутадиен из этана.
3. Напишите и объясните механизм анионной полимеризации акрилонитрила.
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



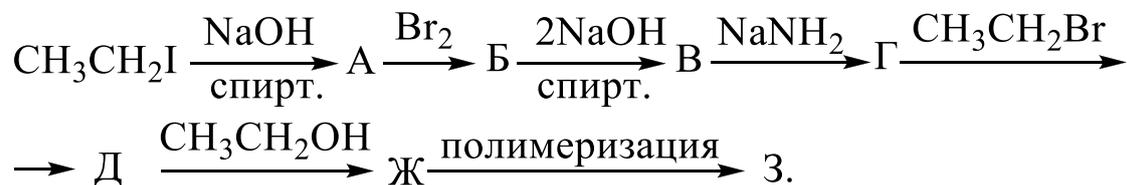
6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:



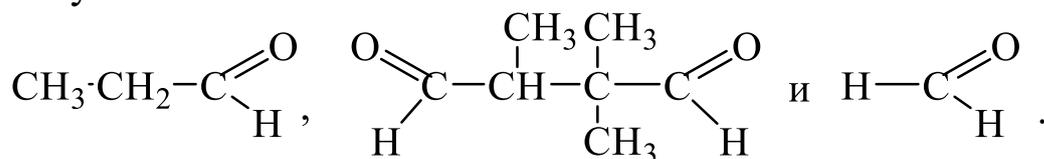
7. Напишите и объясните механизм гидратации пропилена.

Вариант № 31

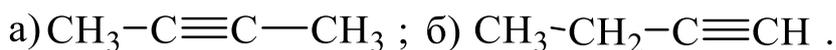
1. Напишите структурные формулы соединений и назовите их по рациональной номенклатуре: а) 2,3,4-триметилпентан; б) 3,4-диметил-3-гексен; в) 2-метил-3-гексин; г) 2-метил-1,3-бутадиен.
2. Получите 2,3-диметил-1,3-бутадиен из пропана.
3. Напишите и объясните механизм реакции нуклеофильного присоединения этилового спирта к ацетилену.
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:



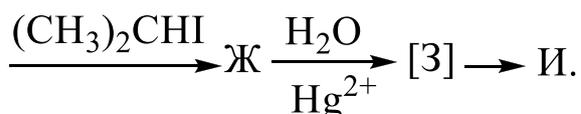
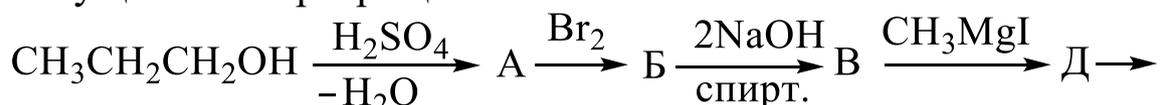
6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:



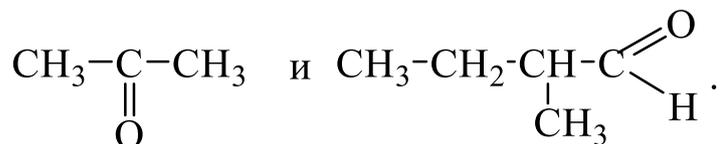
7. Приведите основные реакции, протекающие при крекинге предельных углеводородов (на примере гексана).

Вариант № 32

1. Напишите структурные формулы соединений и назовите их по рациональной номенклатуре: а) 3,3-диметилгексан; б) 2,3,5-триметил-2-гексен; в) 3-метил-1-пентин; г) 2-метил-1,3-бутадиен.
2. Получите 5-метил-2-гексин из этана.
3. Напишите и объясните механизм реакции диенового синтеза на примере 2,4-гексадиена и кротонового альдегида.
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:

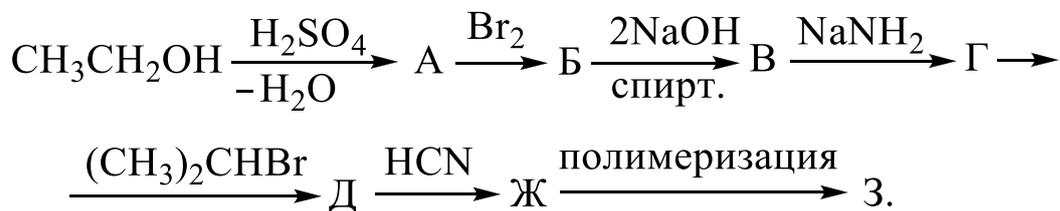


6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:
 - а) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$; б) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$.
7. Напишите и объясните механизм электрофильного присоединения HCl к 1-пентену.

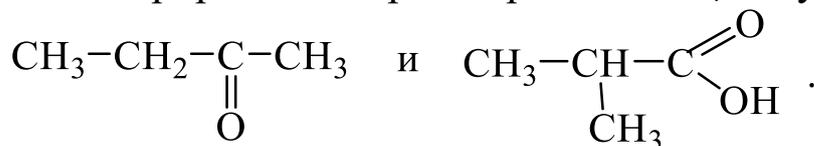
Вариант № 33

1. Напишите структурные формулы соединений и назовите их по рациональной номенклатуре: а) 2,4-диметил-3-этилпентан; б) 2,2,5,5-тетраметил-3-гексен; в) 4-метил-1-пентин; г) 2,4-пентадиен.
2. Получите диэтилацетилен из хлорэтана.

3. Напишите и объясните механизм реакции диенового синтеза на примере изопрена и малеинового ангидрида.
4. Осуществите превращения:



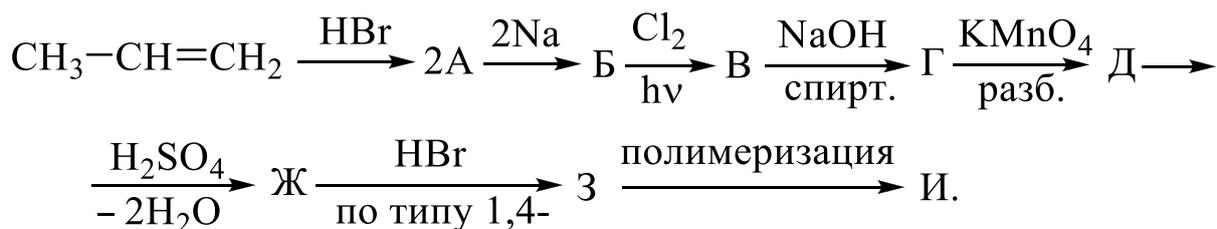
5. При окислении какого этиленового углеводорода состава C_8H_{16} концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



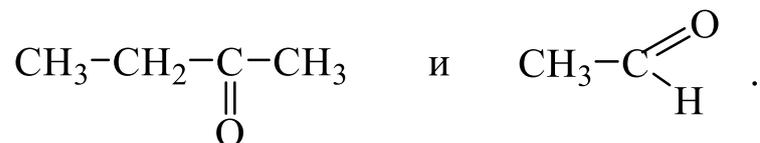
6. С помощью каких реакций можно отличить диметилацетилен и этилацетилен.
7. Напишите и объясните механизм реакции окисления предельных углеводородов кислородом воздуха (на примере бутана).

Вариант № 34

1. Напишите структурные формулы соединений и назовите их по рациональной номенклатуре: а) 2,2,3,3-тетраметилгексан; б) 3-метил-4-этил-3-гексен; 2,2-диметил-3-гексин; г) 1,3-пентадиен.
2. Получите диэтилацетилен из иодэтана.
3. Напишите и объясните механизм катионной полимеризации 4-метил-1-пентена.
4. Осуществите превращения:



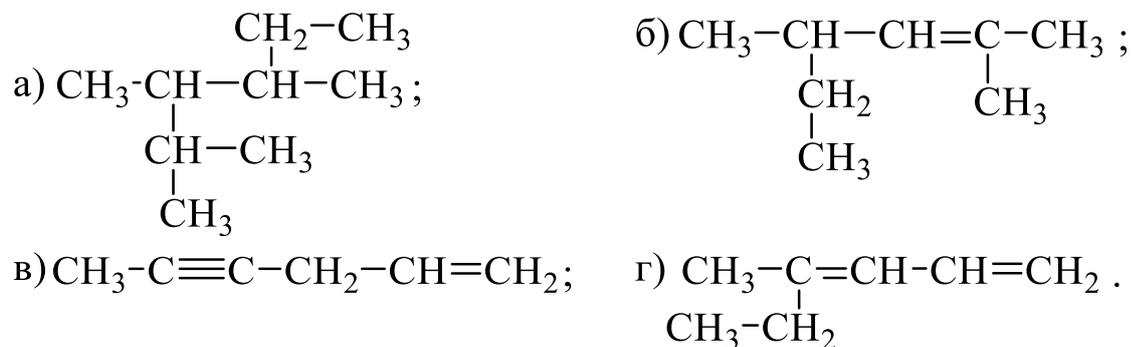
5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



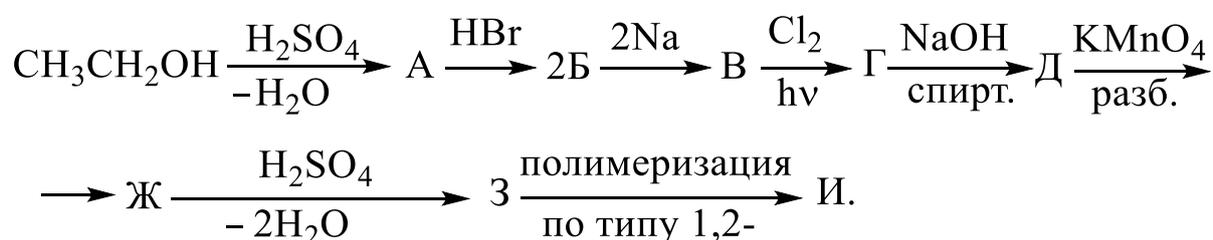
6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:
 а) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$; б) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$.
 7. Напишите и объясните механизм реакции нитрования бутана по Коновалову.

Вариант № 35

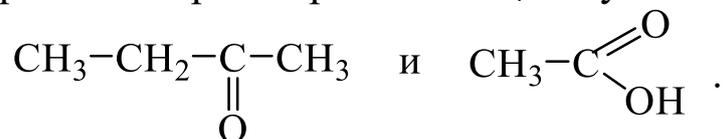
1. Назовите углеводороды по систематической номенклатуре:



2. Получите дивинил из иодистого этила.
 3. Напишите и объясните механизм реакции диенового синтеза на примере изопрена и кротонового альдегида.
 4. Осуществите превращения:



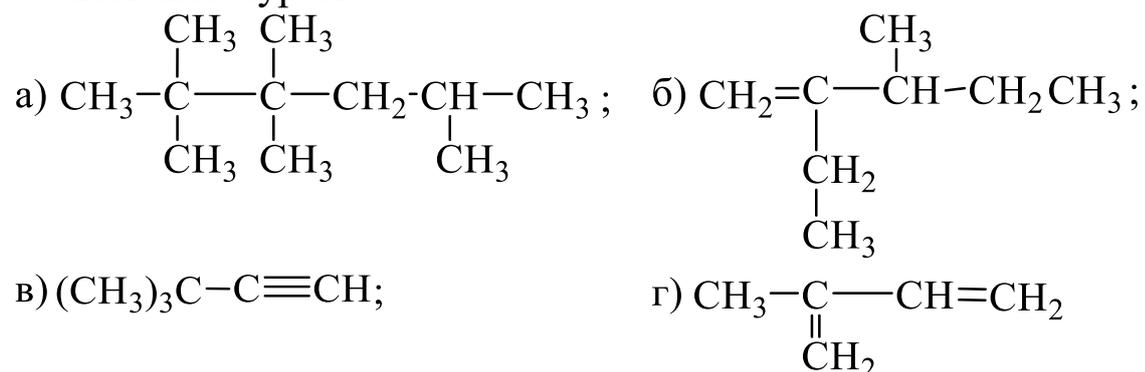
5. При окислении какого этиленового углеводорода состава C_6H_{12} концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



6. С помощью каких реакций можно различить 2,4-октадиен и 2,6-октадиен.
7. Напишите и объясните механизм галогенирования предельных углеводородов (на примере пентана).

Вариант № 36

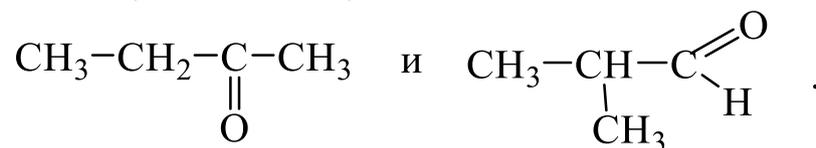
1. Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите метилацетилен из метана.
3. Напишите и объясните механизм реакции радикально-цепного хлорирования изобутана.
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого этиленового углеводорода состава C_8H_{16} могут быть получены:



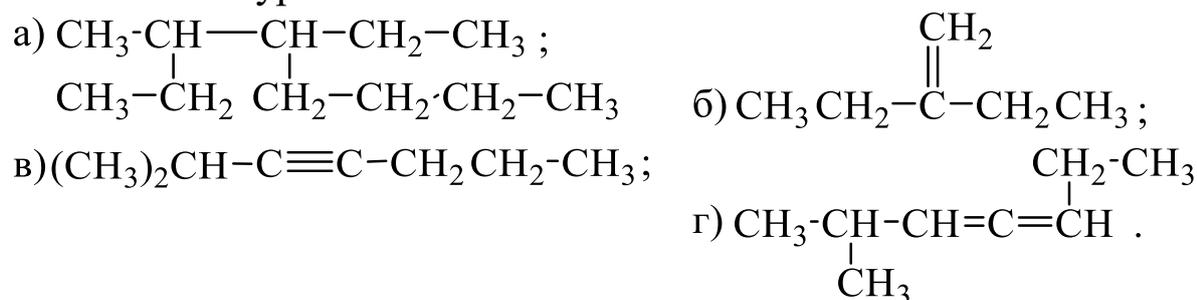
6. С помощью каких реакций можно отличить изомерные углеводороды:



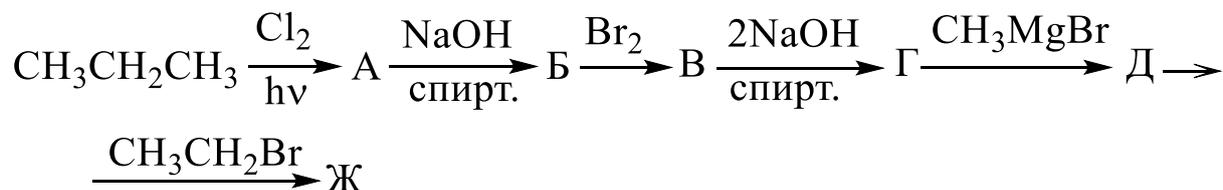
7. Напишите и объясните механизм электрофильного присоединения HBr к 2-метил-1,3-пентадиену.

Вариант № 37

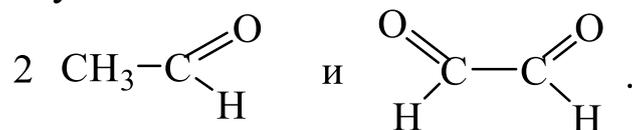
1. Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите метилацетилен из метана.
 3. Напишите и объясните механизм озонлиза 2-метил-2-бутена.
 4. Осуществите превращения:



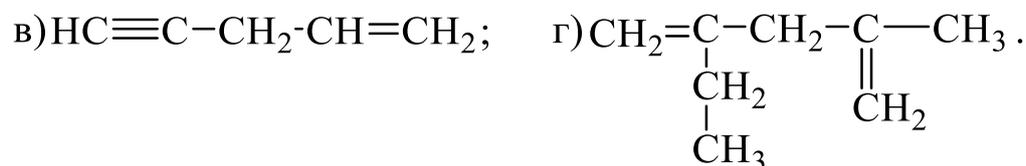
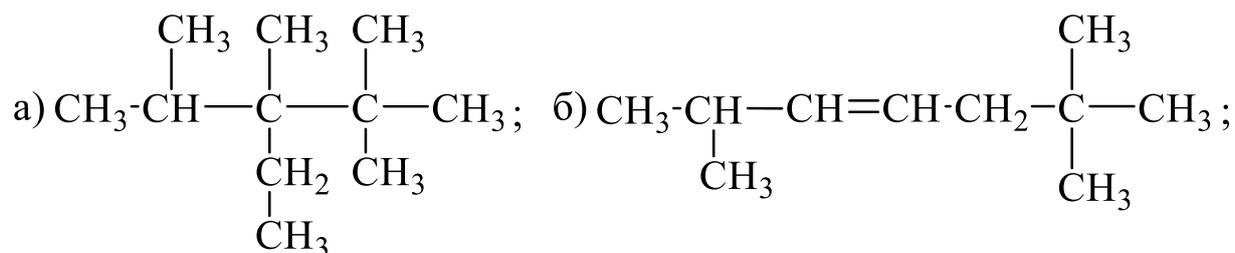
5. При озонлизе какого диенового углеводорода состава C_6H_{10} могут быть получены:



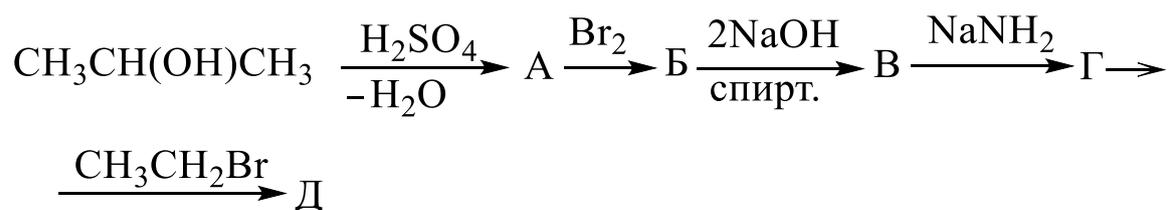
6. С помощью каких реакций можно различить *трет*-бутилацетилен и диэтилацетилен.
 7. Напишите и объясните механизм сульфохлорирования бутана.

Вариант № 38

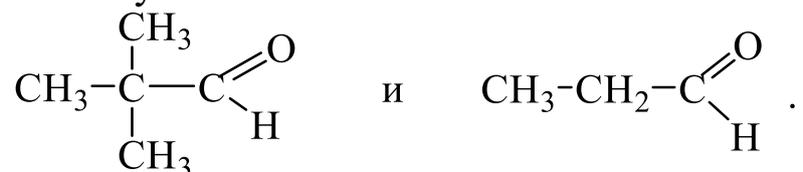
1. Назовите углеводороды по систематической номенклатуре:



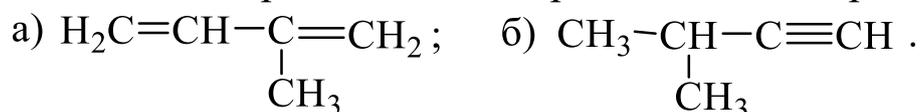
- Получите 1,3-бутадиен из этана.
- Напишите и объясните механизм присоединения галогеноводородов к этиленовым углеводородам в присутствии пероксидных соединений.
- Осуществите превращения:



- При озонлизе какого этиленового углеводорода состава C_8H_{16} могут быть получены:



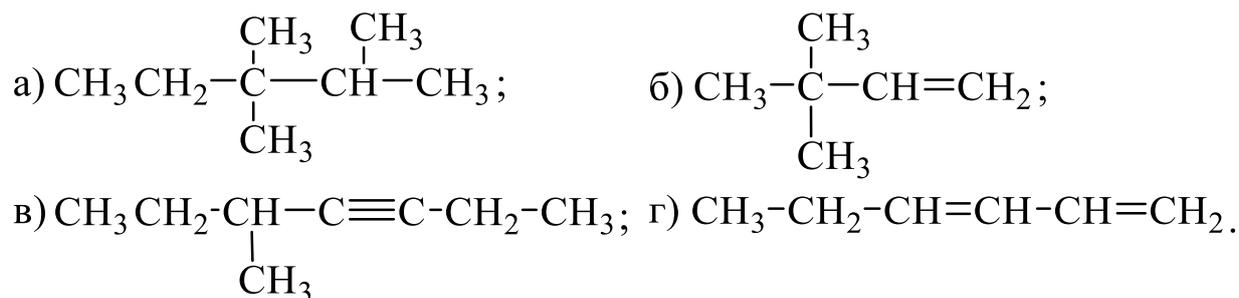
- С помощью каких реакций можно различить изомеры:



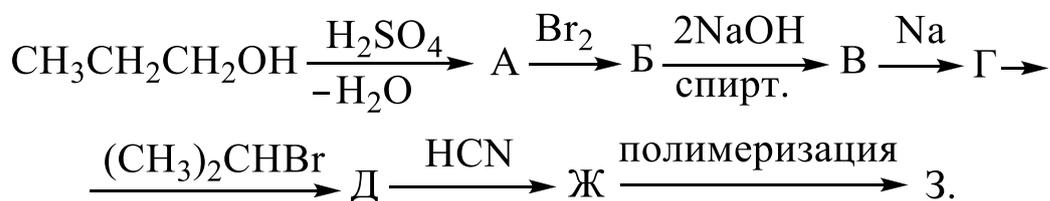
- Напишите и объясните механизм радикальной полимеризации (на примере изобутилена).

Вариант № 39

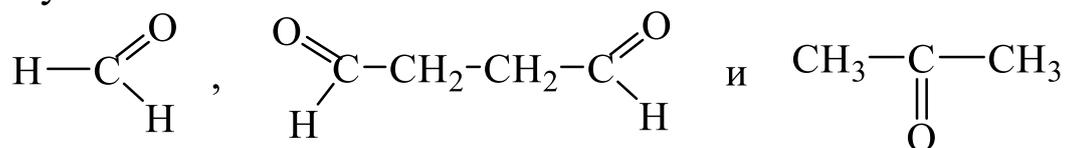
- Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



- Получите дивинил из метана.
- Напишите и объясните механизм реакции нуклеофильного присоединения синильной кислоты к ацетилену.
- Осуществите превращения:



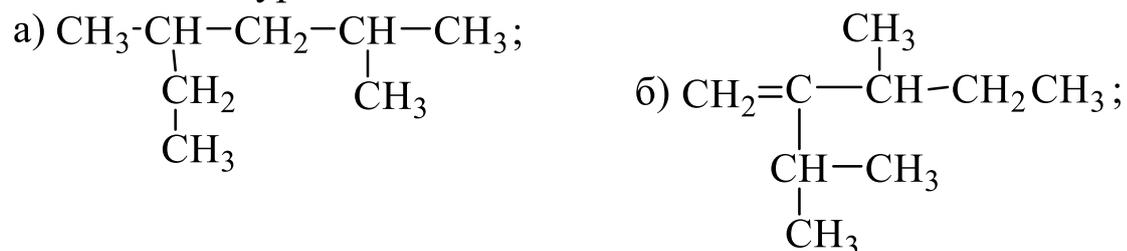
- При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:

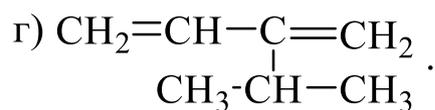


- С помощью каких реакций можно различить соединения:
 - $\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$;
 - $\text{CH}_2=\text{CH}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}=\text{CH}_2$.
- Напишите и объясните механизм реакции Кольбе.

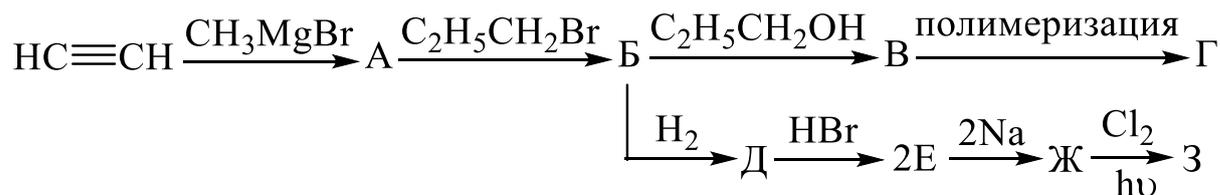
Вариант № 40

- Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:

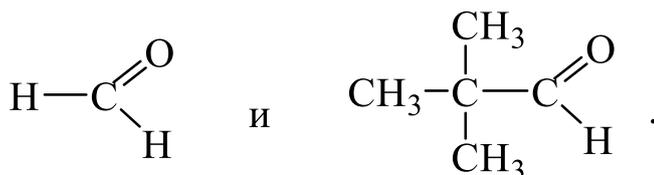




- Получите этилацетилен из этилового спирта.
- Напишите и объясните механизм реакции присоединения этилового спирта к ацетилену.
- Осуществите превращения:



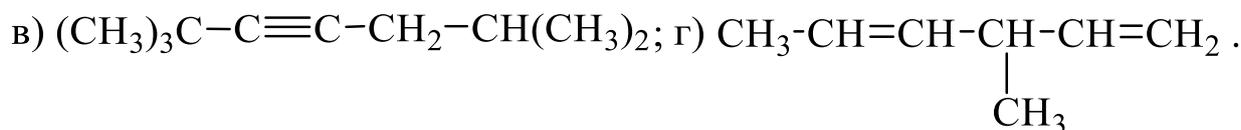
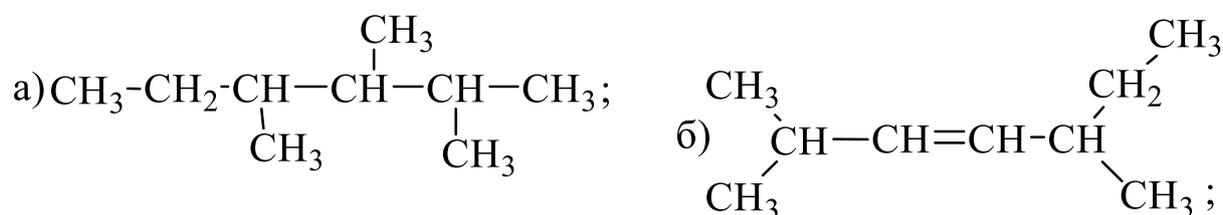
- При озоноллизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



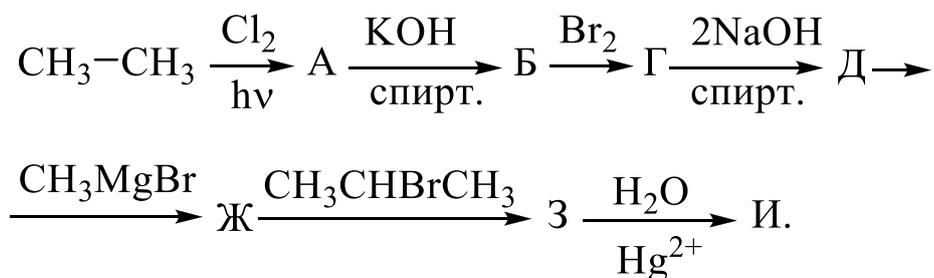
- С помощью каких реакций можно различить 1,5-гептадиен и 2,3-диметил-1,3-пентадиен.
- Напишите и объясните механизм анионной полимеризации акрилонитрила.

Вариант № 41

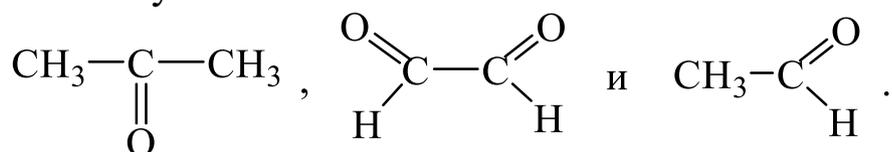
- Назовите углеводороды по систематической номенклатуре:



- Получите дивинил из ацетилена с промежуточным образованием винилацетилена.
- Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения галогеноводородов к этиленовым углеводородам (на примере пропилена).
- Осуществите превращения:



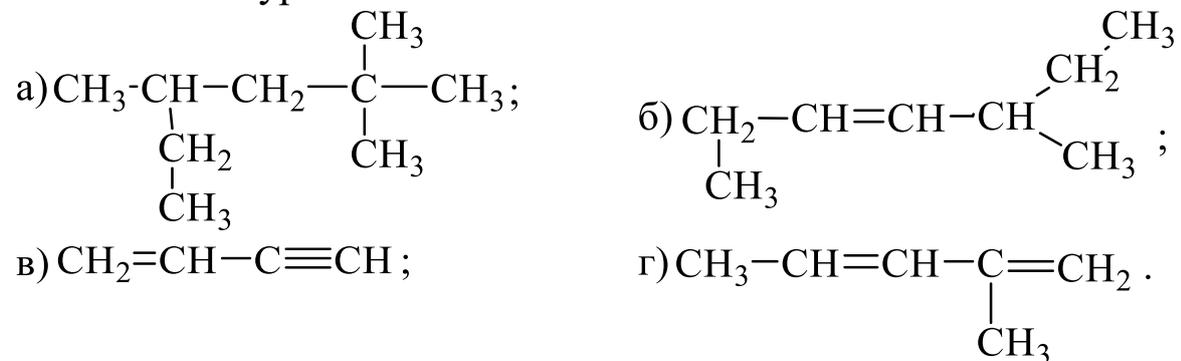
- При озонлизе какого диенового углеводорода состава C_7H_{14} могут быть получены:



- С помощью каких реакций можно различить 2-метил-1,3-пентадиен и 1,5-гексадиен.
- Напишите и объясните механизм реакции диенового синтеза Дильса-Альдера.

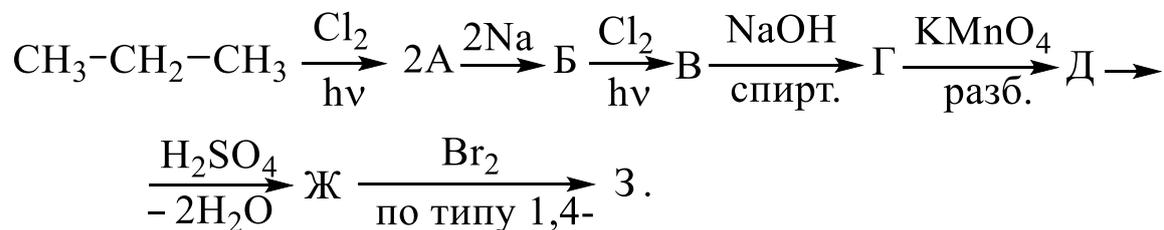
Вариант № 43

- Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:

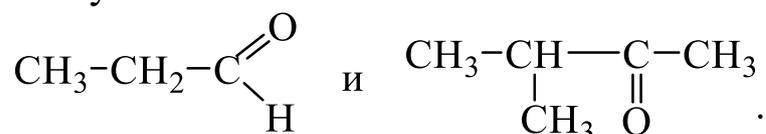


- Получите диметилацетилен из метана.

3. Напишите и объясните механизм озонирования этиленовых углеводородов (на примере 2-метил-2-пентена).
4. Осуществите превращения:



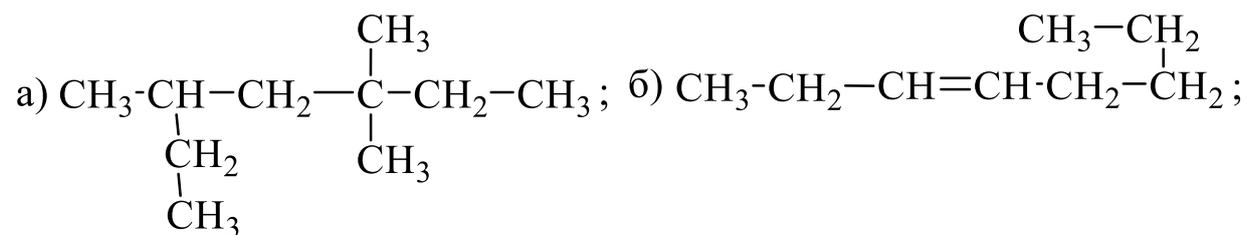
5. При озонлизе какого этиленового углеводорода состава C_8H_{16} могут быть получены:



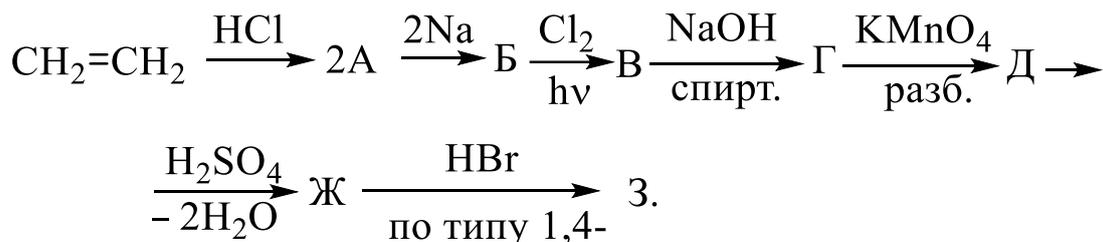
6. С помощью каких реакций можно различить 2,4-гептадиен и 2,6-гептадиен.
7. Напишите и объясните механизм радикально-цепного присоединения Cl_2 к 2-метилпропану.

Вариант № 44

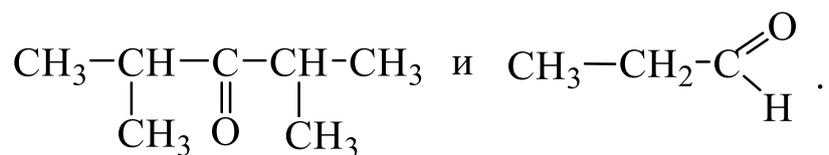
1. Назовите углеводороды по систематической номенклатуре:



2. Получите 1,3-бутадиен из ацетилена (через пропаргиловый спирт).
3. Напишите и объясните механизм озонирования 1-бутена.
4. Осуществите превращения:



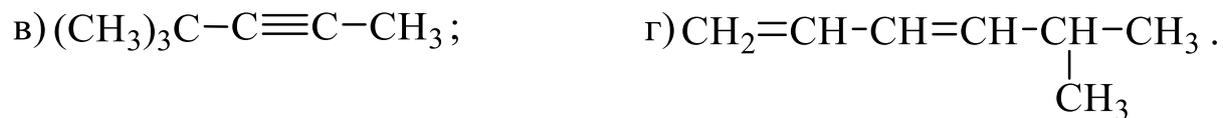
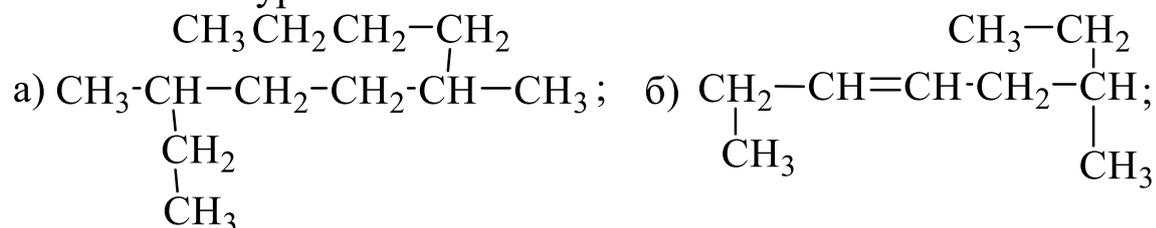
5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



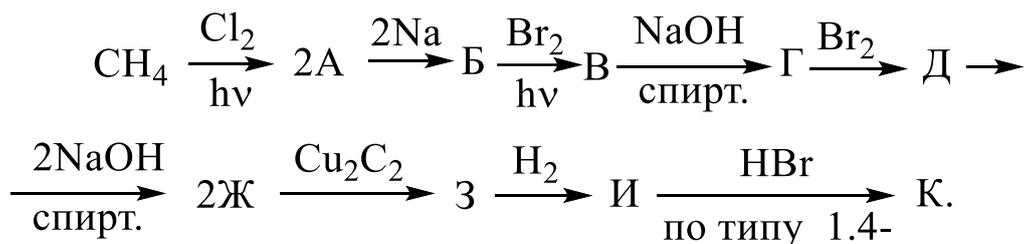
6. С помощью каких реакций можно различить 1,4-пентадиен и 1-пентин.
7. Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения HBr к 1-пентену.

Вариант № 45

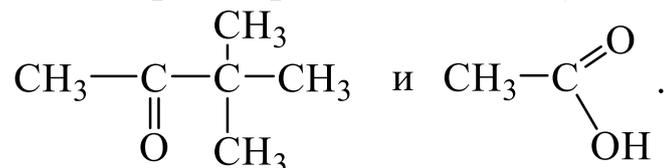
1. Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



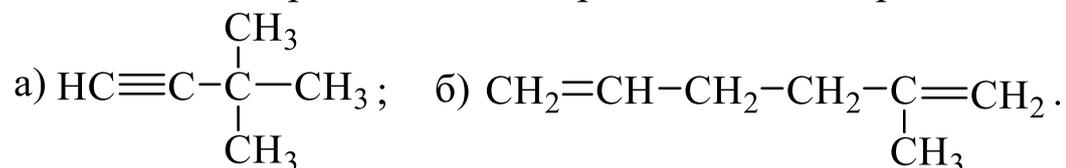
2. Получите дивинил из бромистого этила.
3. Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения HBr к 1-бутену.
4. Осуществите превращения:



5. При окислении какого этиленового углеводорода концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



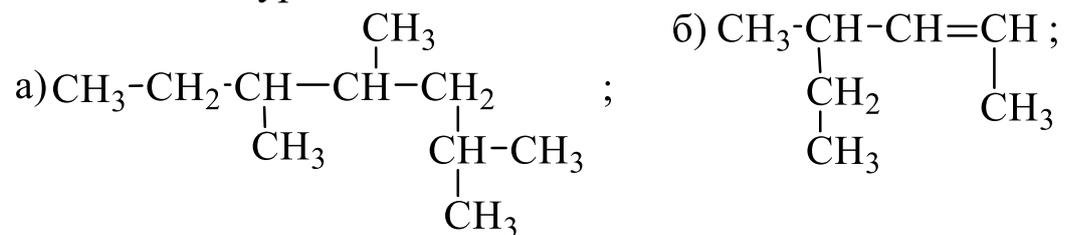
6. С помощью каких реакций можно различить изомеры:



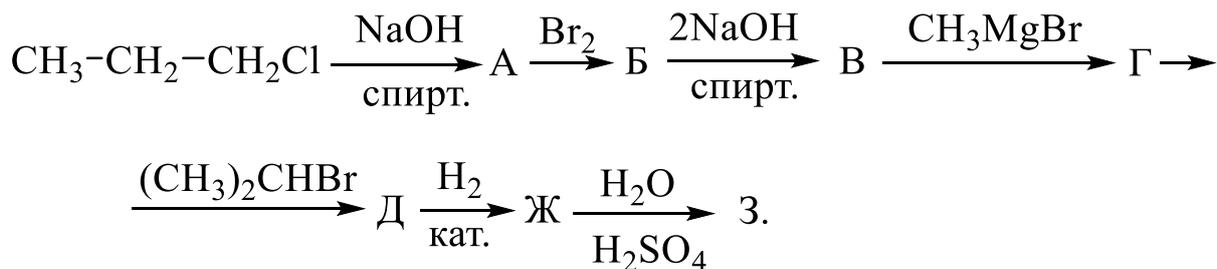
7. Напишите и объясните механизм катионной полимеризации (на примере пропилена).

Вариант № 46

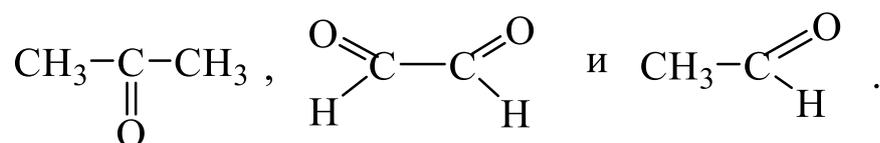
1. Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите 1,3-бутадиен из ацетилена.
3. Напишите и объясните механизм реакции бромирования предельных углеводородов (на примере изобутана).
4. Осуществите превращения:



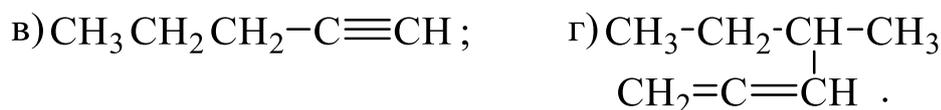
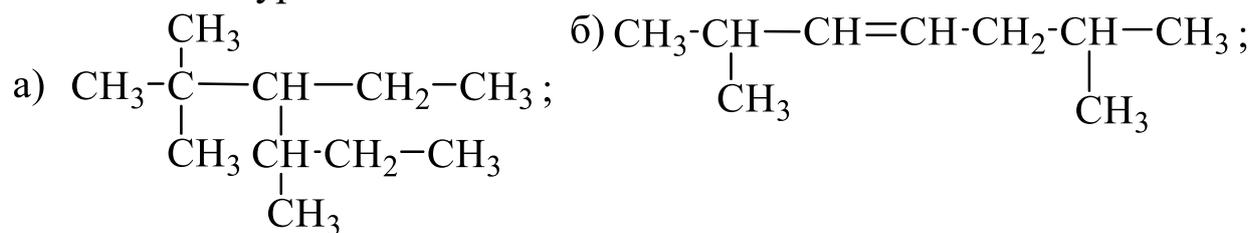
5. При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:



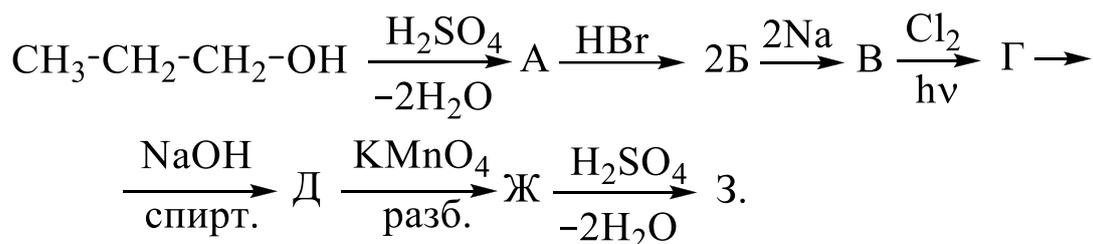
6. С помощью каких реакций можно различить 3,4-диметил-1-гексин и 4-этил-2-гексин.
7. Напишите и объясните механизм присоединения галогеноводородов к этиленовым углеводородам в присутствии пероксидных соединений (на примере изобутилена).

Вариант № 47

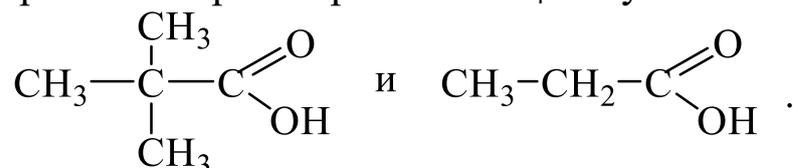
1. Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите метилизопропилацетилен из пропана.
3. Напишите и объясните механизм катионной полимеризации изобутилена.
4. Осуществите превращения:



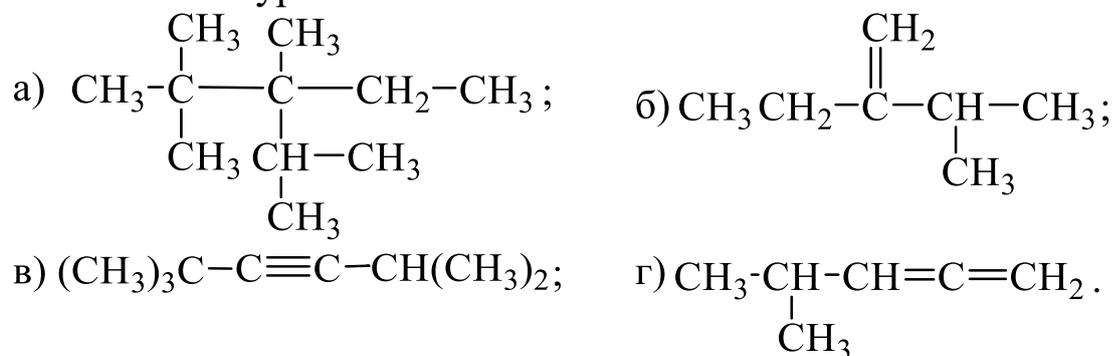
5. При окислении какого этиленового углеводорода состава C_8H_{16} концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



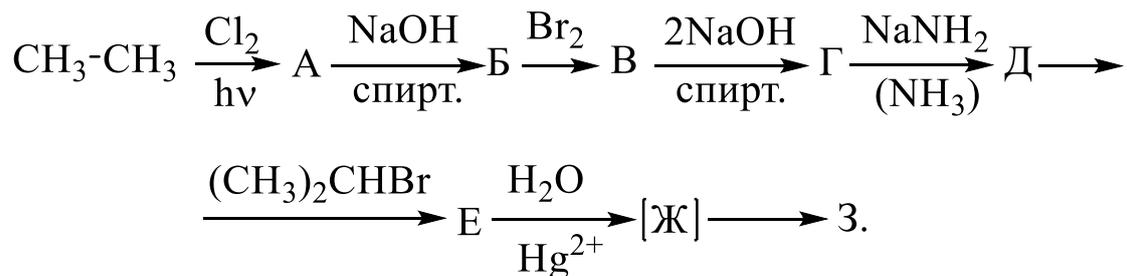
6. С помощью каких реакций можно различить 2-метил-1,3-бутадиен и 1,4-пентадиен.
7. Напишите и объясните механизм реакции электрофильного присоединения Br_2 к 2-метилпропену.

Вариант № 48

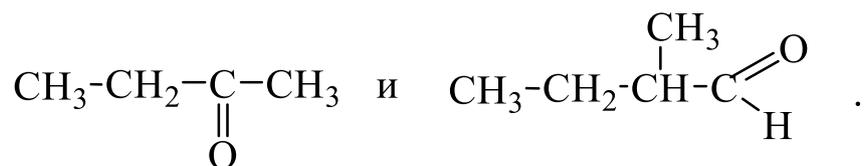
1. Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите диметилацетилен из этана.
3. Приведите основные реакции, протекающие при крекинге предельных углеводородов (на примере гексана).
4. Осуществите превращения:



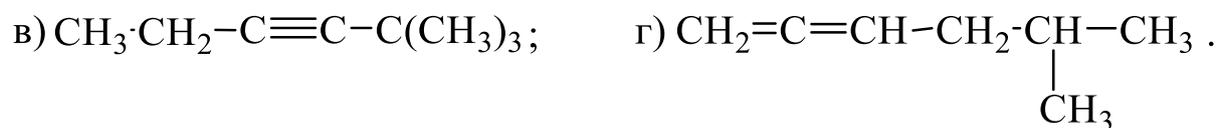
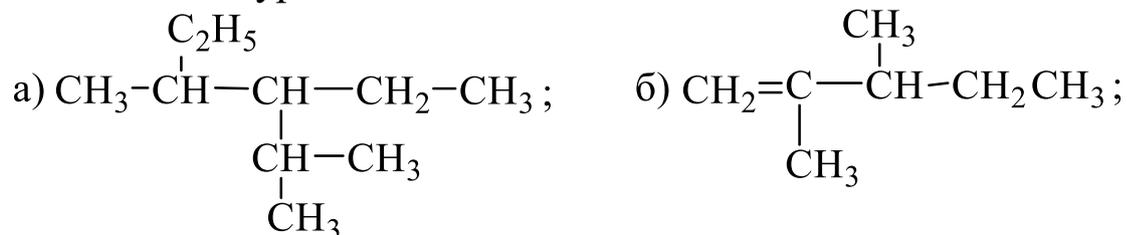
5. При озонлизе какого этиленового углеводорода могут быть получены:



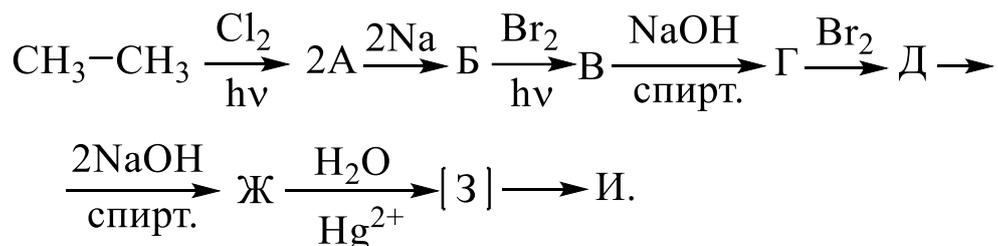
6. С помощью каких реакций можно различить 1,3- и 1,4-пентадиены.
7. Напишите и объясните механизм реакции присоединения Br_2 к 1-бутену (электрофильное присоединение).

Вариант № 49

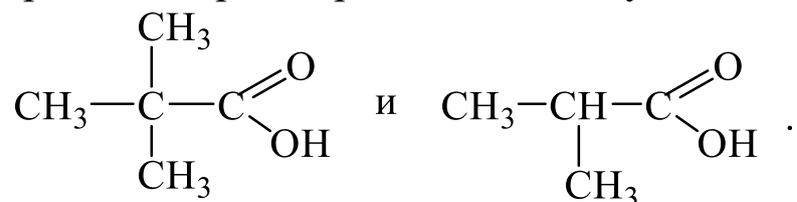
1. Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите дивинил из этилена.
3. Напишите и объясните механизм реакции присоединения бутилового спирта к ацетиленовым углеводородам.
4. Осуществите превращения:



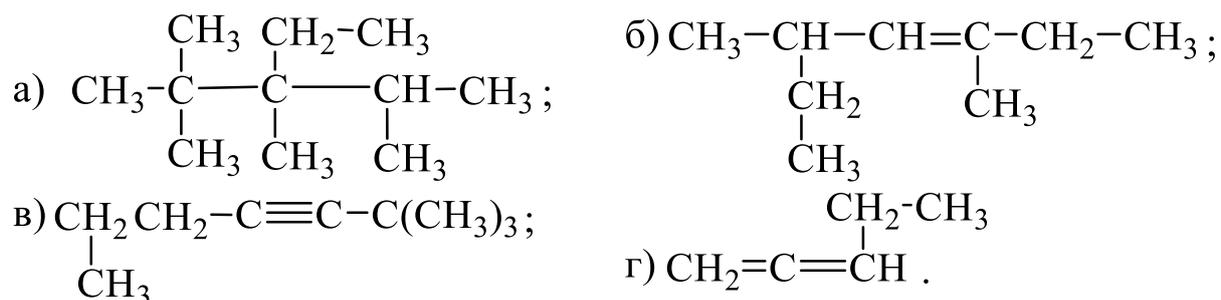
5. При окислении какого этиленового углеводорода состава C_9H_{18} концентрированным раствором KMnO_4 могут быть получены:



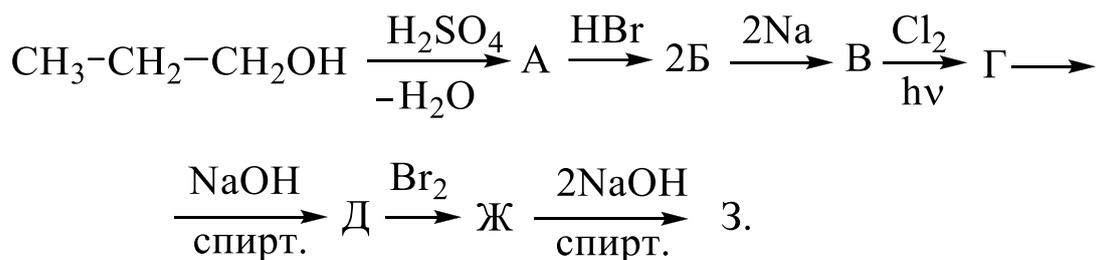
6. С помощью каких реакций можно различить *втор-*бутилацетилен и метилпропилацетилен.
7. Напишите и объясните механизм реакции нитрования предельных углеводородов по Коновалову (на примере изобутана).

Вариант № 50

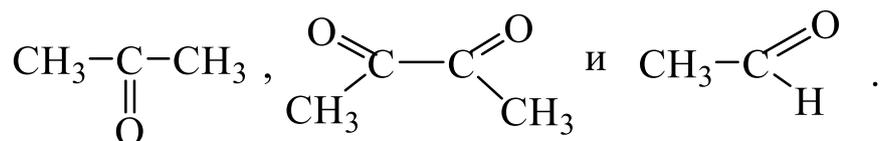
1. Назовите углеводороды по систематической и рациональной номенклатурам:



2. Получите метилизопропилацетилен из пропилена.
3. Напишите и объясните механизм реакции гидратации этиленовых углеводородов (на примере 1-бутена).
4. Осуществите превращения:



5. При озонлизе какого диенового углеводорода могут быть получены:



6. С помощью каких реакций можно различить 1-гептин и 2-метил-3-гексин.
7. Напишите и объясните механизм 1,2- и 1,4-присоединения HBr к диеновым углеводородам.

ВОПРОСЫ

для подготовки к экзамену по курсу «Органическая химия»

1. Основные сырьевые источники органических соединений. Значение органического синтеза в народном хозяйстве.
2. Строение атома углерода. Гибридные орбитали. sp^3 -, sp^2 - и sp - Гибридизация. σ - и π -связи. Явление изомерии. Классификация органических реакций по характеру химического превращения (замещение, присоединение, отщепление, перегруппировки) и по типу разрыва связей (гомолитический, гетеролитический). Классификация ионных реакций и реагентов. Представление о промежуточных соединениях (радикалах и ионах).
3. Гомологический ряд предельных углеводородов. Строение. Изомерия. Конформации. Номенклатура углеводородов и алкильных радикалов. Способы получения предельных углеводородов. Химические свойства предельных углеводородов. Зависимость реакционной способности от строения. Механизмы реакций радикального замещения: окисления, галогенирования, нитрования. Механизм реакций термического крекинга.

4. Гомологический ряд этиленовых углеводородов. Строение, sp^2 -гибридное состояние атома углерода. Изомерия. Номенклатура. Получение олефинов. Реакции электрофильного присоединения Br_2 и HBr . Их механизм, правило Марковникова и его объяснение. Механизм радикального присоединения. Перекисный эффект Караша, его объяснение.
5. Реакции полимеризации этиленовых углеводородов. Радикальная и ионная полимеризация.
6. Реакции окисления этиленовых углеводородов. Окисление молекулярным кислородом, реакция Прилежаева. Действие слабых и сильных окислителей. Озонолиз, его механизм.
7. Алкадиены. Три типа диеновых углеводородов. Номенклатура. Явление сопряжения. Способы получения диеновых углеводородов. Дивинил, изопрен. Химические свойства диеновых углеводородов. Механизм реакций электрофильного присоединения к диеновым углеводородам. Диеновый синтез. Реакции полимеризации сопряженных диенов. Понятие о натуральном и синтетическом каучуках. Стереорегулярные полимеры.
8. Ацетиленовые углеводороды. Изомерия, номенклатура, строение, sp -гибридное состояние атома углерода. Способы получения ацетиленовых углеводородов. Химические свойства ацетиленовых углеводородов. Реакция Кучерова. Реакции электрофильного присоединения галогенов, галогенводородов. Механизмы нуклеофильного присоединения синильной кислоты и спиртов к ацетиленовым углеводородам. Кислотные свойства алкинов с концевой тройной связью.
9. Галогенпроизводные предельных углеводородов. Номенклатура, способы получения. Индуктивный эффект атома галогена. Реакции нуклеофильного замещения атомов галогенов. Механизмы S_N1 и S_N2 . Реакции отщепления, правило Зайцева и его современная трактовка. Механизмы $E1$ и $E2$. Конкуренция между механизмами S_N1 и S_N2 и $E1$, $E2$, факторы влияющие на направление реакций.
10. Предельные одноатомные спирты. Изомерия. Номенклатура. Водородная связь, ее влияние на температуру кипения. Способы получения спиртов. Химические свойства спиртов. Реакции нуклеофильного замещения, окисления и дегидратции.

Механизмы внутри- и межмолекулярной дегидратации. Механизм реакции этерификации. Механизм окисления вторичных спиртов кислородом воздуха.

11. Многоатомные спирты. Классификация номенклатура. Двухатомные спирты. Получение и реакции. Механизм пинаколиновой перегруппировки. Глицерин, синтетические способы получения и химические свойства.
12. Простые эфиры. Способы получения и химические свойства. Циклические простые эфиры (оксираны). Получение и химические свойства. Механизм получения окисей олефинов из галогенгидринов.
13. Альдегиды и кетоны. Изомерия, номенклатура. Способы получения. Строение карбонильной группы, реакционная способность, катализ. Реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе. Механизмы присоединения HCN, бисульфита Na, производных NH₃, образования кеталей. Альдольная и кротоновая конденсации альдегидов и кетонов. Механизм реакции. Енолизация, реакции с галогенами и их механизм. Реакции окисления и окисления-восстановления альдегидов и кетонов. Механизмы реакции Канницаро, окисления альдегидов молекулярным кислородом, реакции Байера-Виллигера.
14. Одноосновные карбоновые кислоты. Номенклатура, способы получения. Механизм гидролиза нитрилов в кислой и щелочной среде. Строение карбоксильной группы. Химические свойства. Влияние строения радикалов на кислотность. Механизм реакции этерификации.
15. Производные карбоновых кислот: нитрилы, амиды, сложные эфиры, ангидриды, галогенангидриды. Способы получения и химические свойства. Механизмы гидролиза и переэтерификации сложных эфиров в кислой и щелочной среде. Механизм сложноэфирной конденсации Кляйзена.
16. Одноосновные непредельные кислоты. Способы получения, строение, химические свойства, применение. Двухосновные карбоновые кислоты алифатического ряда. Номенклатура. Способы получения, химические свойства, применение. Понятие о полиамидных волокнах.

17. Фумаровая и малеиновая кислоты. Способы получения. Химические свойства.
18. Алифатические нитросоединения. Строение нитрогруппы, классификация, номенклатура. Способы получения и химические свойства. Свободнорадикальный механизм нитрования, таутомерия нитросоединений. Причины активности С–Н-связи при α -углеродном атоме. Применение нитросоединений.
19. Алифатические амины. Строение, классификация, изомерия, номенклатура, способы получения. Химические свойства. Основность аминов. Механизм взаимодействия аминов с азотистой кислотой. Механизм перегруппировки Гофмана.
20. Алифатические гидроксикислоты. Классификация, способы получения. Явление оптической изомерии (на примере молочной кислоты), проекционные формулы Фишера, D- и L-изомеры. Абсолютная конфигурация, R- и S-изомеры. Химические свойства гидроксикислот.
21. Алициклические углеводороды. Получение. Понятие о строении алициклических углеводородов, конформационные изомеры циклогексана. Виды напряжений в циклах. Химические свойства. Влияние величины цикла на химические свойства. Циклогексанон и циклогексанол, их получение из циклогексана и применение для производства капролактама.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров, А. А. Органическая химия: учебник для вузов / А. А. Петров, Х. В. Бальян, А. Т. Трощенко. – Москва: Альянс, 2012. – 624 с.
2. Шабаров, Ю. С. Органическая химия: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 848 с.