

E-mail: [irkrav66@gmail.com](mailto:irkrav66@gmail.com)

# ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Семинар-9.  
Углеводороды. Алкины

лектор:  
проф. Рохин Александр  
Валерьевич

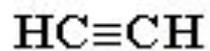
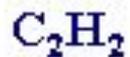
# Алкины

---

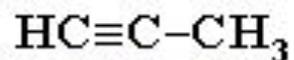
- Алкины (ацетиленовые углеводороды) – непредельные алифатические углеводороды, молекулы которых содержат одну тройную связь.
- Общая формула алкинов:



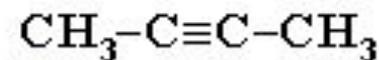
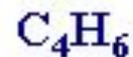
# Простейшие представители



*ацетилен*

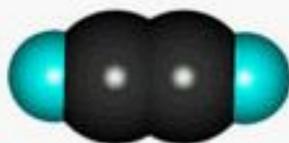


*пропин*



*бутины*

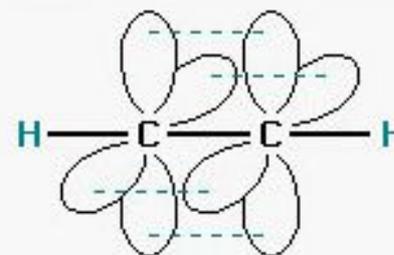
Модели молекулы первого члена гомологического ряда алкинов – ацетилена



Масштабная  
модель



Шаростержневая  
модель



Атомно-орбитальная  
модель

# Алкины

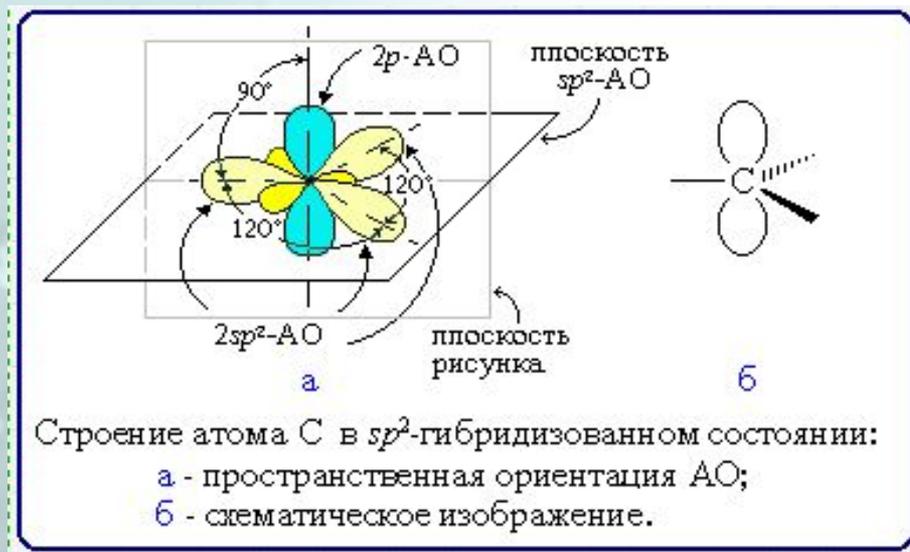
- Тройную связь осуществляют шесть общих электронов:



- В образовании тройной связи участвуют атомы углерода в  $sp$ -гибридизованном состоянии.

# Строение C=C связи

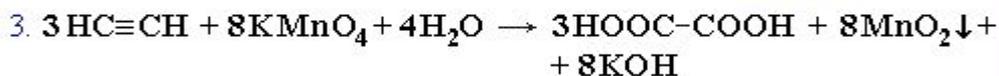
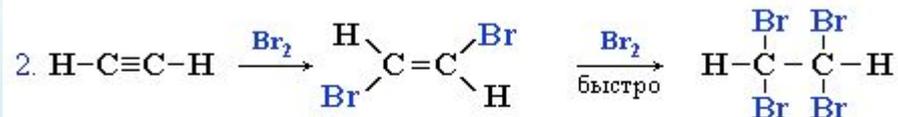
- Каждый из атомов имеет по три  $2sp^2$ -гибридных орбитали, направленных друг к другу под углом  $120^\circ$ , и одну негибридизованную  $2p$ -орбиталь, расположенную под углом  $90^\circ$  к плоскости гибридных АО:



# Получение алкинов

## ■ Получение и свойства ацетилена.

### ■ Уравнения реакций:



- (видеоролик eхr5.exe в папке лабораторные опыты)
- опишите роль каждого реактива в опытах

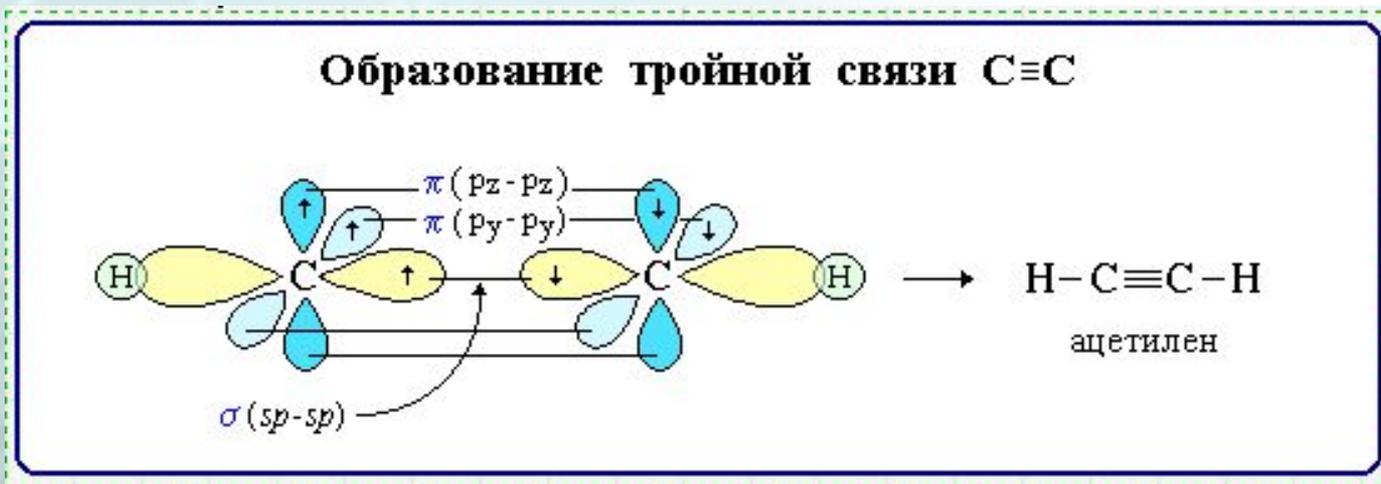
# Строение $C\equiv C$ связи

---

- Тройная связь является комбинацией из одной  $\sigma$ -и двух  $\pi$ -связей, образуемых двумя  $sp$ -гибридизованными атомами.
- $\sigma$ -связь возникает при осевом перекрывании  $sp$ -гибридных орбиталей соседних атомов углерода; одна из  $\pi$ -связей образуется при боковом перекрывании  $p_y$ -орбиталей, другая – при боковом перекрывании  $p_z$ -орбиталей.

# Строение $C\equiv C$ связи

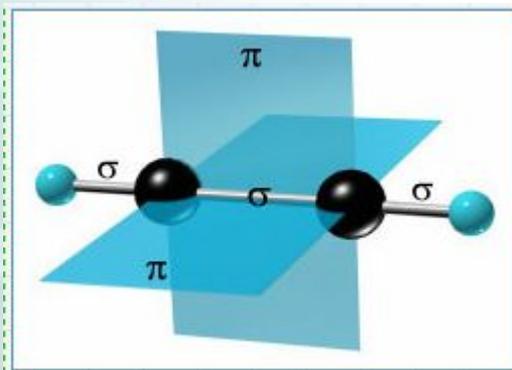
- Образование связей в молекуле ацетилена можно изобразить следующей схемой:



$C\equiv C$	$\sigma$ -связь (перекрывание орбиталей $2sp-2sp$ ), $\pi$ -связь (перекрывание $2p_y-2p_y$ ), $\pi$ -связь (перекрывание $2p_z-2p_z$ );
$C-H$	$\sigma$ -связь (перекрывание $2sp$ -АО атома $C$ и $1s$ -АО атома $H$ ).

# Строение $C\equiv C$ связи

- $\pi$ -Связи располагаются во взаимно перпендикулярных плоскостях.
- $\sigma$ -Связи, образуемые  $sp$ -гибридными орбиталями углерода, располагаются на одной прямой (под углом  $180^\circ$  друг к другу).
- Поэтому молекула ацетилена имеет линейное строение:



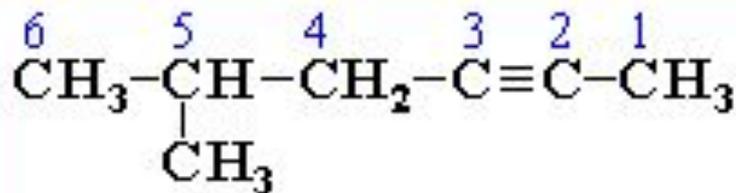
# Номенклатура алкинов

---

- названия алкинов производят от названий соответствующих алканов (путем замены суффикса *-ан* на *-ин*):
- 2 атома C → этан → этин;
- 3 атома C → пропан → пропин
- Главная цепь выбирается таким образом, чтобы она обязательно включала в себя тройную связь.

# Номенклатура алкинов

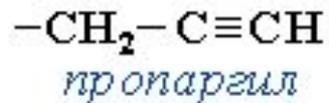
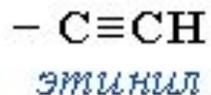
- Нумерацию углеродных атомов начинают с ближнего к тройной связи конца цепи.
- Цифра, обозначающая положение тройной связи, ставится обычно после суффикса -ин.
- Например:



*5-метилгексин-2*

# Номенклатура алкинов

- Для простейших алкинов применяются исторически сложившиеся названия: ацетилен (этин), аллилен (пропин), кротонилен (бутин-1), валерилен (пентин-1).
- В номенклатуре наиболее часто используются следующие одновалентные радикалы алкинов:



# Номенклатура алкинов

- Если кроме тройной связи в молекуле есть двойные связи, то они будут иметь наименьшее число:

$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$  *бутен-1-ин-3* (винилацетилен).

$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$  *бутен-1-ин-3* (винилацетилен).

# Назовите следующие алкины:

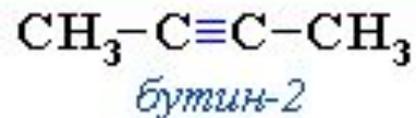
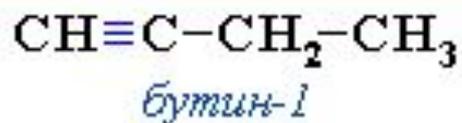
---

- $\text{CH}_2 \equiv \text{CH}_2$
- $\text{CH}_3 - \text{CH} \equiv \text{CH}_2$
- $\text{CH}_3 - \text{CH}_3 - \text{CH} \equiv \text{CH}_2$
- $\text{CH}_3 - \text{CH} \equiv \text{CH} - \text{CH}_3$
- $\text{CH}_2 \equiv \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$
- $\text{CH}_3 - \text{CH} \equiv \text{CH}_2$   
|  
 $\text{CH}_3$

# Структурная изомерия алкинов

---

1. Изомерия положения тройной связи  
(начиная с  $C_4H_6$ ):



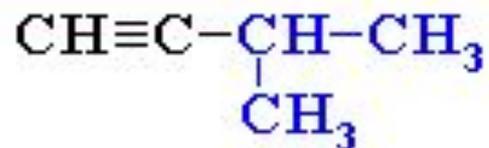
# Структурная изомерия алкинов

---

2. Изомерия углеродного скелета  
(начиная с  $C_5H_8$ ):



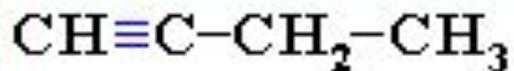
*пентин-1*



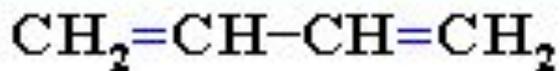
*3-метилбутин-1*

# Структурная изомерия алкинов

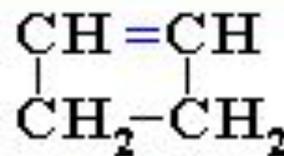
3. Межклассовая изомерия с  
алкадиенами и циклоалкенами,  
начиная с  $C_4H_6$ :



*бутин-1*



*бутадиен-1,3*



*циклобутен*

# Пространственная изомерия алкинов

---

- Пространственная изомерия относительно тройной связи в алкинах не проявляется,
- заместители могут располагаться только одним способом - вдоль линии связи

# Физические свойства алкинов

---

- Температуры кипения и плавления ацетиленовых углеводородов увеличиваются с ростом их молекулярной массы.
- При обычных условиях алкины  $C_2H_2$  -  $C_4H_6$  - газы,  $C_5H_8$  -  $C_{16}H_{30}$  - жидкости,  $C_{17}H_{32}$  - твердые вещества.
- Алкины плохо растворимы в воде, лучше - в органических растворителях.

# Физические свойства алкинов

- Температуры кипения и плавления алкинов выше, чем у соответствующих алкенов:

Название	Формула	Т.пл., °С	Т.кип., °С
Этилен	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	-169	-102
Ацетилен	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	-84	-75
Пропилен	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	-185	-48
Пропин	$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	-101,5	-22

# Химические свойства алкинов

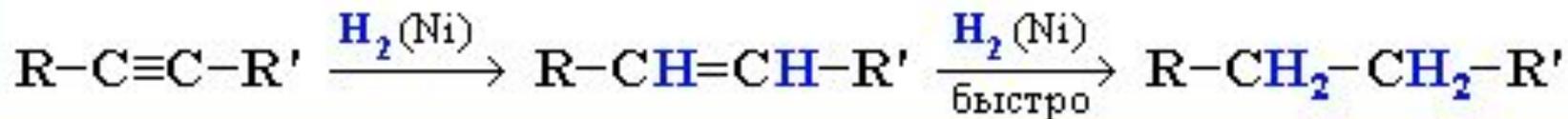
сходны с алкенами, что обусловлено их ненасыщенностью:

*Характеристики связей в алкинах*

Связь	Энергия, кДж/моль	Длина связи, нм	Дипольный момент, D
$C\equiv C$	814	0,120	0
$C-H$	435	0,107	1,1

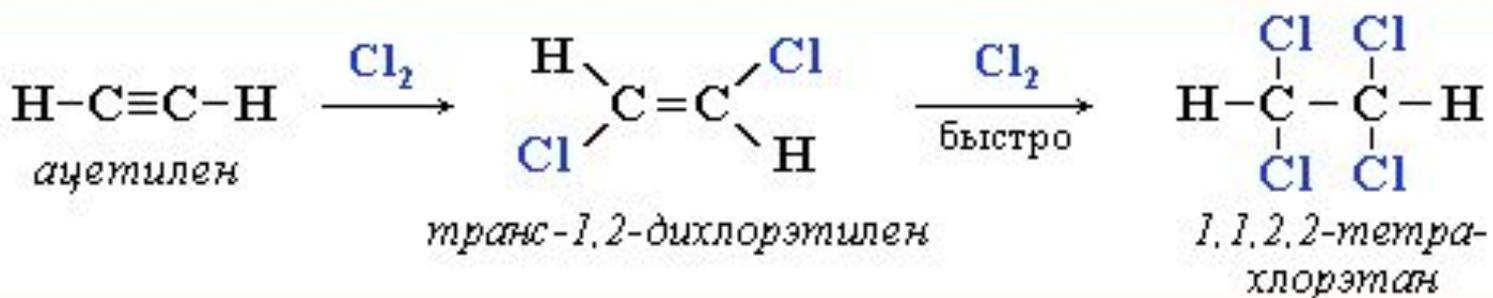
# Гидрирование (присоединение водорода)

- В присутствии металлических катализаторов (Pt, Ni) алкины присоединяют водород с образованием алкенов (разрывается первая  $\pi$ -связь), а затем алканов (разрывается вторая  $\pi$ -связь):



# Галогенирование (присоединение галогенов)

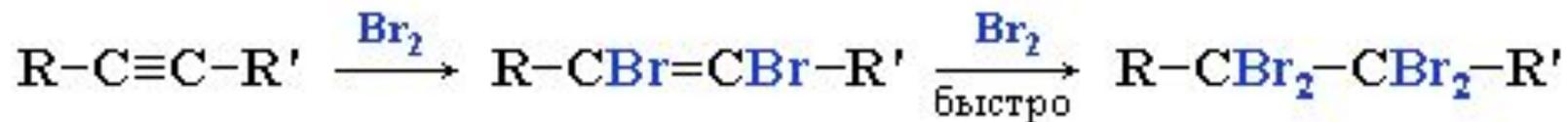
- Электрофильное присоединение галогенов к алкинам протекает медленнее, чем для алкенов (первая р-связь разрывается труднее, чем вторая):



# Галогенирование (присоединение галогенов)

---

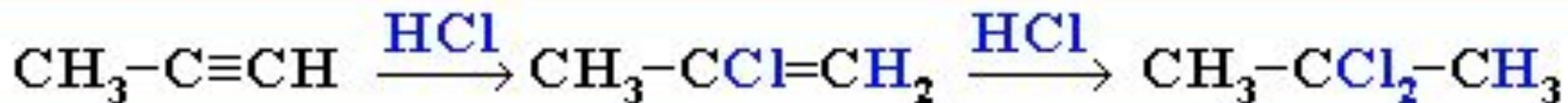
- Алкины обесцвечивают бромную воду (качественная реакция):



# Гидрогалогенирование (присоединение галогеноводородов)

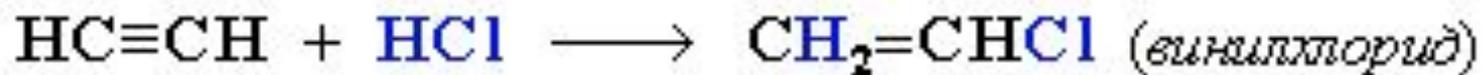
---

- Присоединение галогеноводородов также идет по электрофильному механизму.
- Продукты присоединения к несимметричным алкинам определяются правилом Марковникова:



# Гидрогалогенирование (присоединение галогеноводородов)

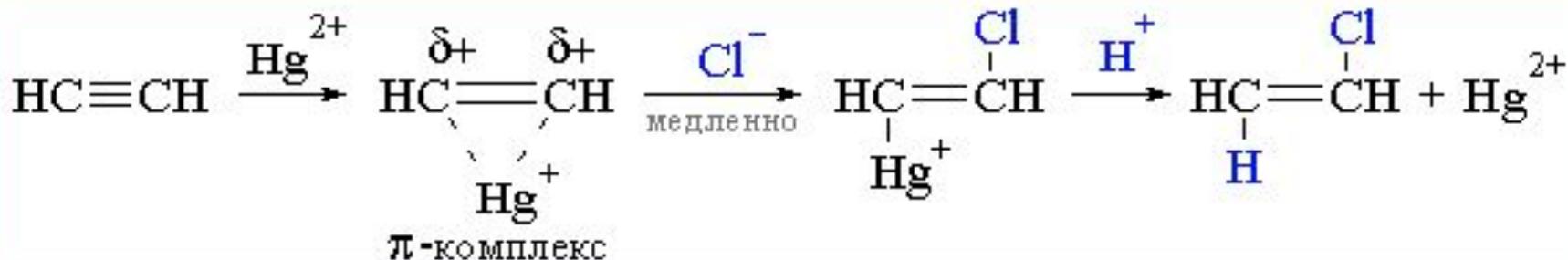
- Гидрохлорирование ацетилена используется в одном из промышленных способов получения винилхлорида:



- Винилхлорид является исходным веществом (мономером) в производстве поливинилхлорида (ПВХ).

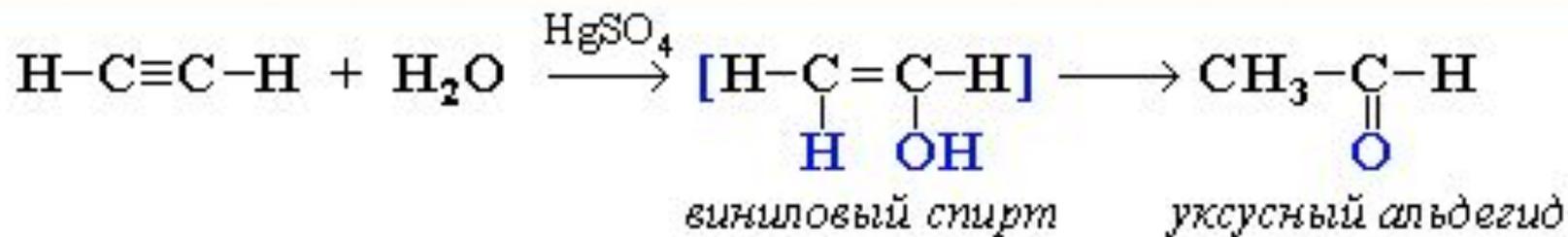
# Гидрогалогенирование (присоединение галогеноводородов)

- Реакция ускоряется в присутствии катализаторов (соли ртути или меди) и идет по нуклеофильному механизму:



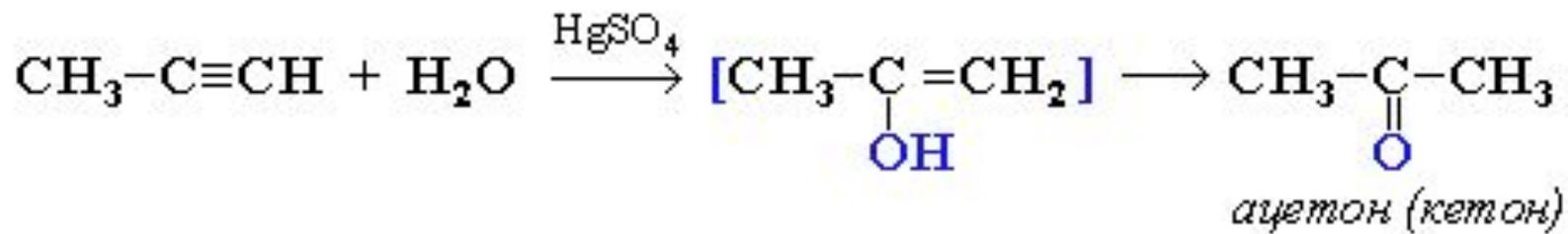
# Гидратация (реакция Кучерова)

- Присоединение воды происходит в присутствии катализатора соли ртути (II) и идет через образование неустойчивого непредельного спирта, который изомеризуется в уксусный альдегид:



# Гидратация (присоединение воды)

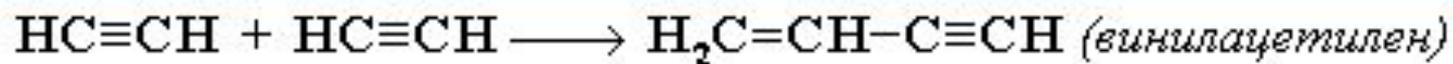
- или в кетон (в случае других алкинов)  
по нуклеофильному механизму :



# Полимеризация алкинов

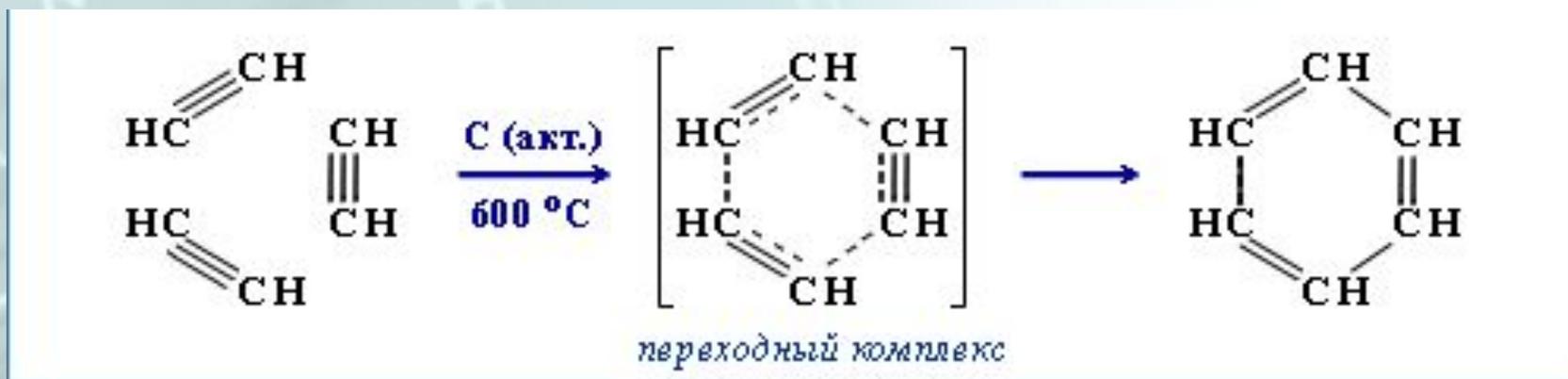
---

- 1. Димеризация под действием водно-аммиачного раствора меди (CuCl):



# Полимеризация алкинов

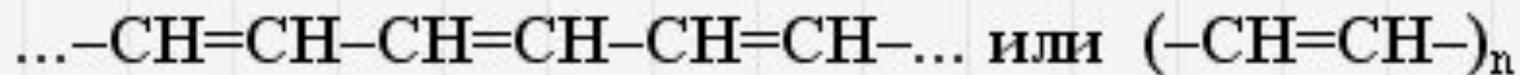
- 2. Тримеризация ацетилена над активированным углем приводит к образованию бензола (реакция Зелинского):



# Полимеризация алкинов

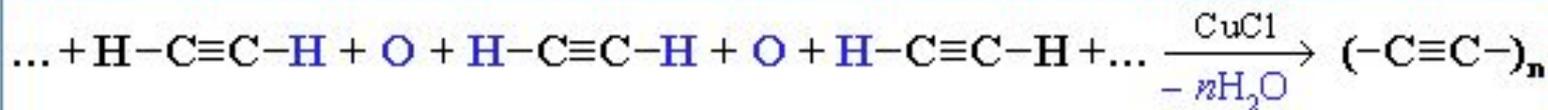
---

- 3. Реакция полимеризации с образованием циклических или линейных молекул:



# Полимеризация алкинов

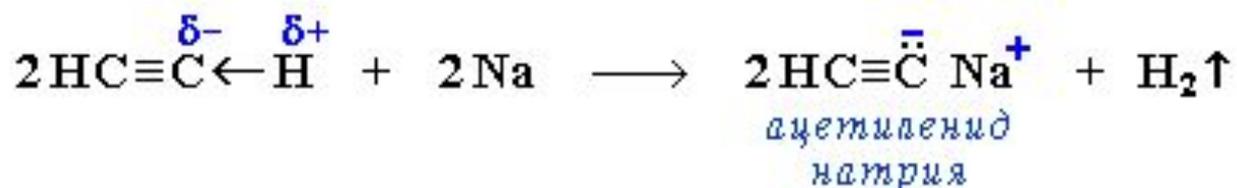
- 4. окислительная поликонденсация ацетилена в присутствии  $\text{CuCl}$  (высокомолекулярное вещество – карбин образуется не в результате полимеризации ацетилена):



(поликонденсация относится к реакциям замещения)

# Образование солей

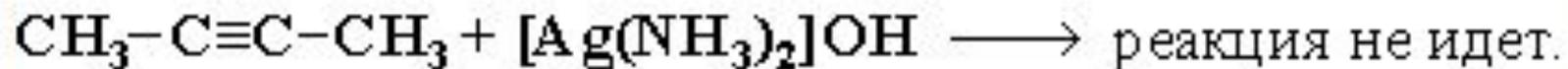
- Алкины-1 вследствие полярности связи C(sp)-H проявляют слабые кислотные свойства: атомы водорода могут замещаться атомами металла.
- При этом образуются соли - ацетилениды:



# Образование солей

---

- Если тройная связь находится не на конце цепи, то кислотные свойства отсутствуют (нет подвижного атома водорода) и ацетилениды не образуются:



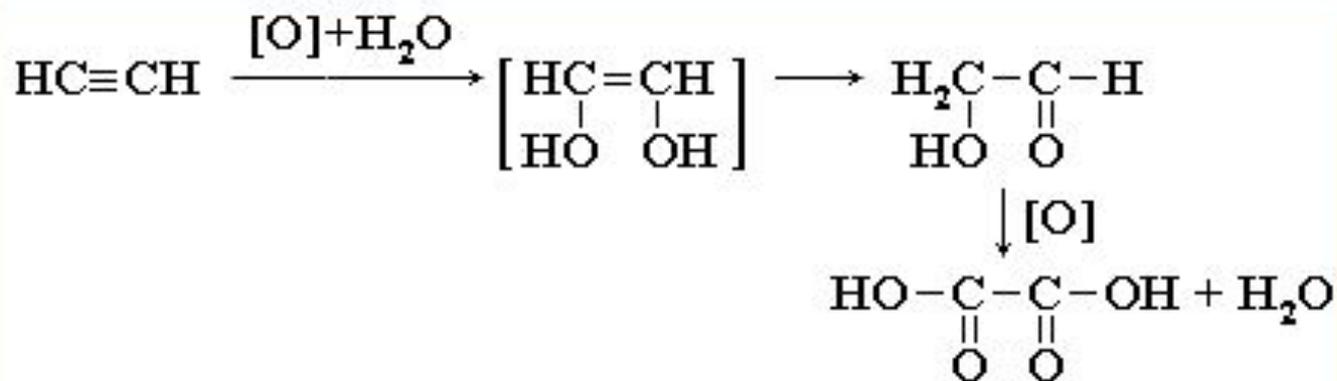
# Окисление алкинов

- Ацетилен и его гомологи окисляются перманганатом калия с расщеплением тройной связи и образованием карбоновых кислот:



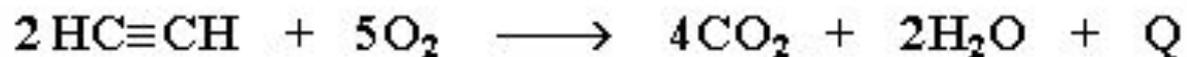
# Окисление алкинов

- Алкины обесцвечивают раствор  $\text{KMnO}_4$ , что используется для их качественного определения:



# Окисление алкинов

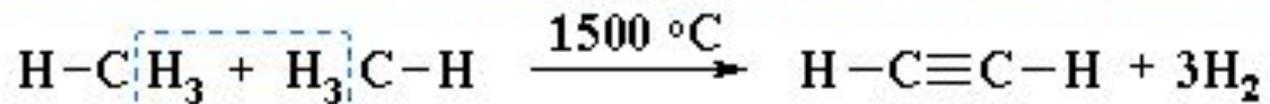
- При сгорании (полном окислении) ацетилен выделяется большое количества тепла:



- Температура ацетиленово-кислородного пламени достигает 2800–3000°С. На этом основано применение ацетилен для сварки и резки металла. Ацетилен образует с воздухом и кислородом взрывоопасные смеси. В сжатом, и особенно в сжиженном, состоянии он способен взрываться от удара.

# Получение алкинов

- I. Термический крекинг (пиролиз) метана :

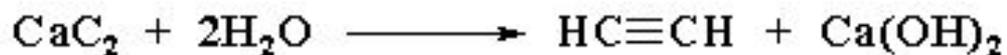


# Получение алкенов

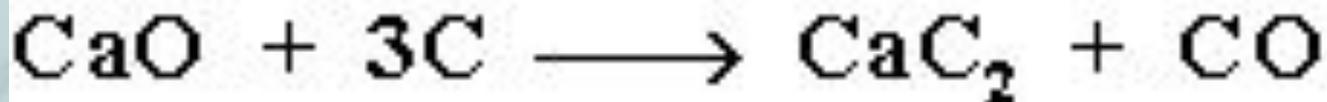
- II. Отщепление (элиминирование) двух атомов или групп атомов от соседних атомов углерода с образованием между ними  $\pi$ -связи двух типов:
  - дегидратация
  - дегидрогалогенирование

# Получение алкинов

- II. Гидролиз карбида кальция :

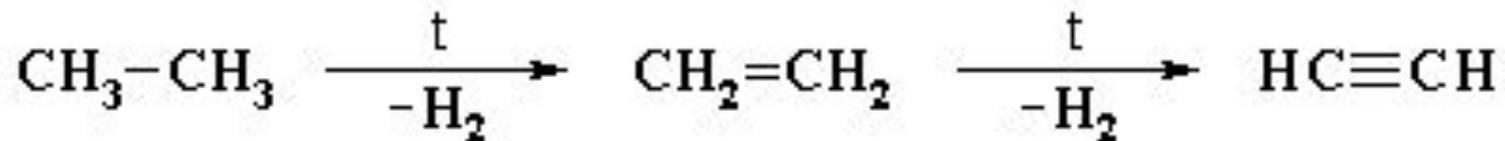


- Карбид кальция образуется при нагревании смеси оксида кальция  $\text{CaO}$  (жженой извести) и кокса до  $2500^\circ\text{C}$ :



# Получение алкинов

- III. Пиролиз этана или этилена:



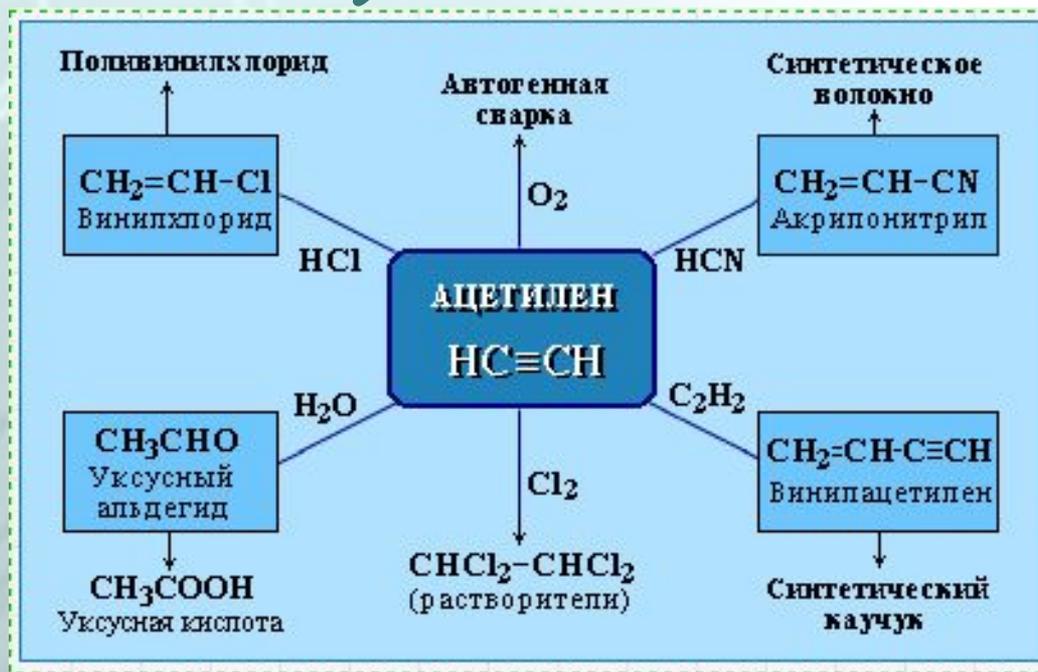
# Применение алкинов

---

- Алкины применяются в качестве исходных продуктов в производстве полимерных материалов (пластмасс, каучуков, пленок) и других органических веществ.

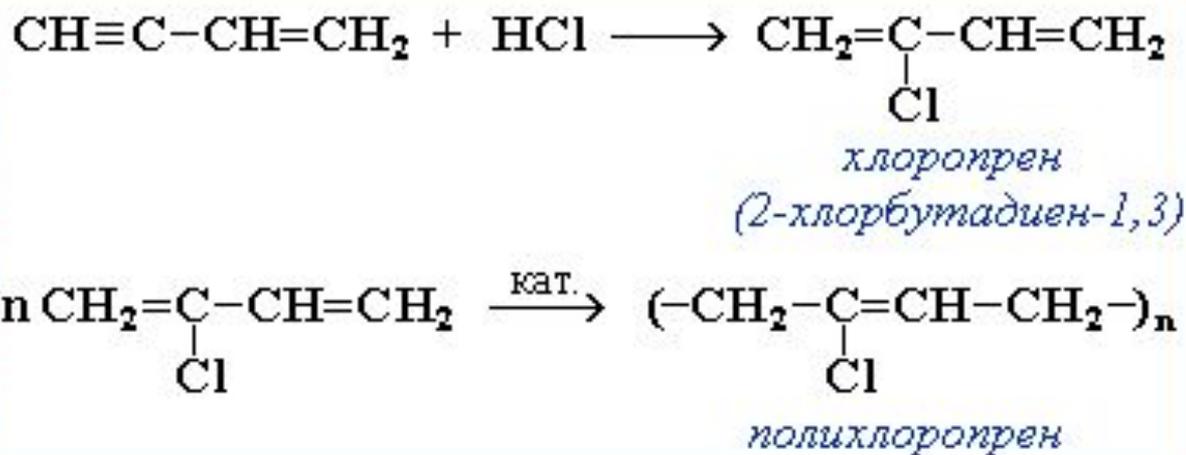
# Применение алкинов

- Наибольшее практическое значение имеют ацетилен и винилацетилен (бутен-3-ин-1).



# Применение алкинов

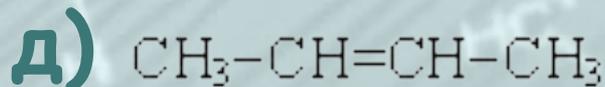
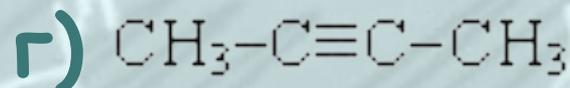
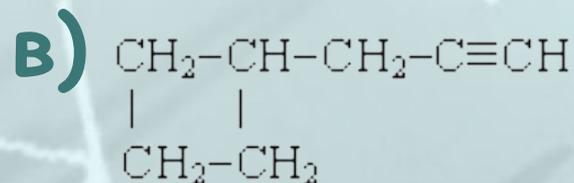
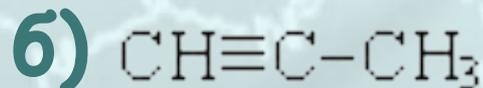
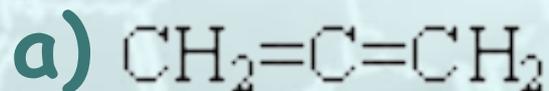
- Винацетилен является важным промежуточным продуктом в производстве масло- и бензостойкого синтетического хлоропренового каучука:



# 1. Контрольная работа

---

1. Назовите и нарисуйте приведенные соединения. Какие из них относятся к алкинам:



## 2. Контрольная работа

---

Дайте названия следующих алкинов, полученных из алканов:

- бутан
- гептан
- октан
- пропан
- пентан
- гексан

# 3. Контрольная работа

---

Тройная связь является сочетанием:

Ответ 1 : трех  $\sigma$ -связей

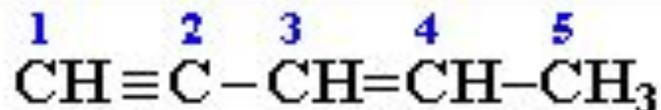
Ответ 2 : одной  $\sigma$ - и двух  $\pi$ -связей

Ответ 3 : двух  $\sigma$ - и одной  $\pi$  -связи

Ответ 4 : трех  $\pi$ -связей

# 4. Контрольная работа

Какова гибридизация атомов углерода в следующей молекуле:



Ответ 1 : 1 -  $sp^3$ , 2 -  $sp^2$ , 3 -  $sp^2$ , 4 -  $sp$ , 5 -  $sp$

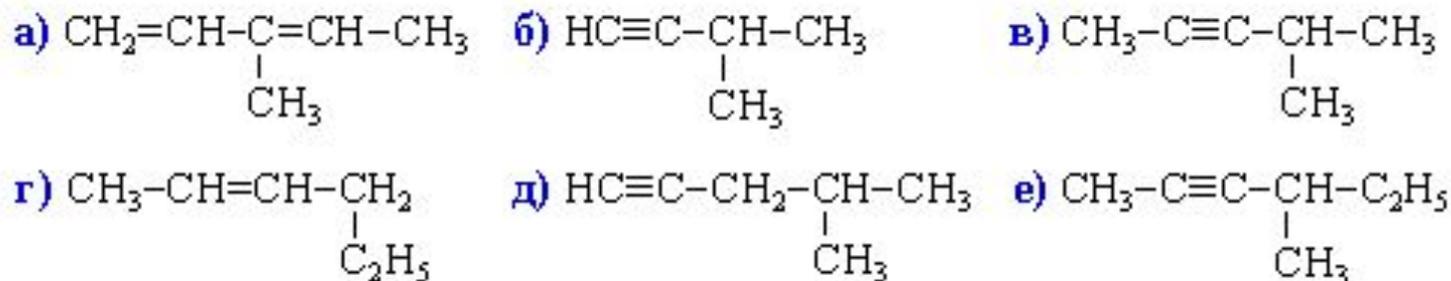
Ответ 2 : 1 -  $sp$ , 2 -  $sp^2$ , 3 -  $sp^2$ , 4 -  $sp$ , 5 -  $sp^3$

Ответ 3 : 1 -  $sp^3$ , 2 -  $sp$ , 3 -  $sp$ , 4 -  $sp^2$ , 5 -  $sp^2$

Ответ 4 : 1 -  $sp^2$ , 2 -  $sp^3$ , 3 -  $sp^3$ , 4 -  $sp$ , 5 -  $sp$

# 5. Контрольная работа

Изомерами 3-метилпентина-1 являются:



Ответ 1 : а, в, д

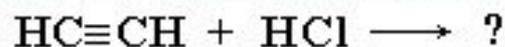
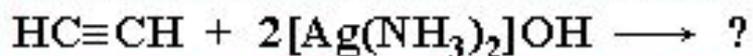
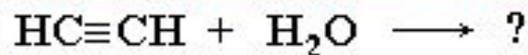
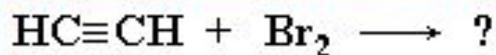
Ответ 2 : б, в, е

Ответ 3 : г, д, е

Ответ 4 : д, е, а

# 6. Контрольная работа

Взрывчатое вещество образуется в реакции:



Ответ 1 :

Ответ 2 :

Ответ 3 :

Ответ 4 :

# 7. Контрольная работа

---

Из технического карбида кальция массой 1 кг получен ацетилен объемом 260 л (н.у.). Какова массовая доля примесей (в %), содержащихся в образце карбида кальция?

Ответ 1 : 32,5

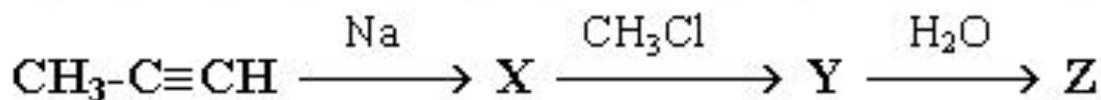
Ответ 2 : 21,2

Ответ 3 : 25,7

Ответ 4 : 41,3

# 8. Контрольная работа

Укажите продукт Z в схеме превращений:

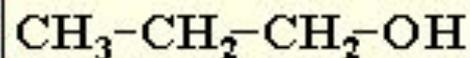
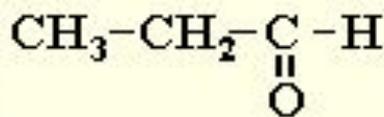
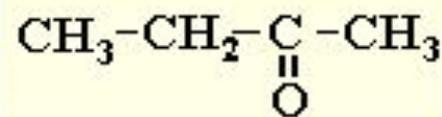
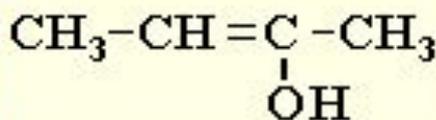


Ответ 1 : а

Ответ 2 : б

Ответ 3 : в

Ответ 4 : г



- 
- Сравните получение алканов, алкенов, алкинов, проанализировав видеоролики из папки «Лабораторные опыты».

# Получение алканов

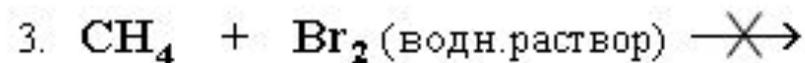
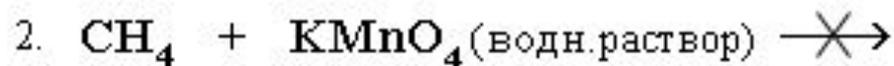
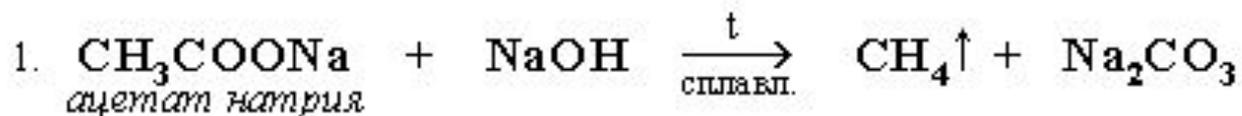
- Получение и свойства метана



- (видеоролик exр3.exe в папке лабораторные опыты)

# Получение алканов

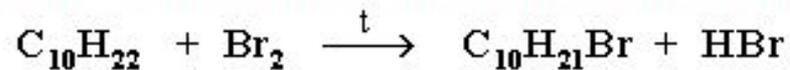
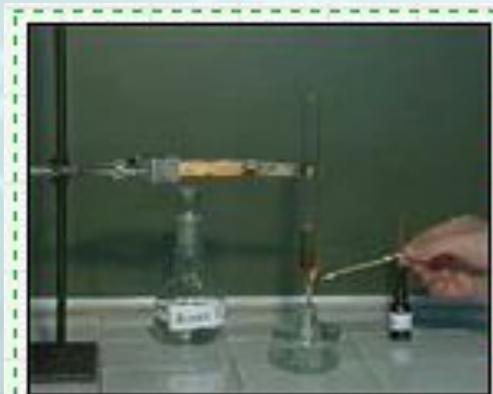
- Получение и свойства метана.
  - Уравнения реакций:



- Опишите роль каждого реактива в опытах

# Свойства алканов

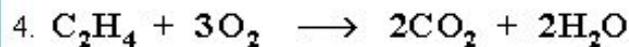
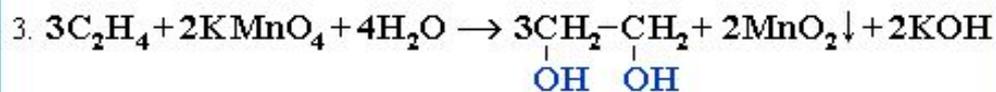
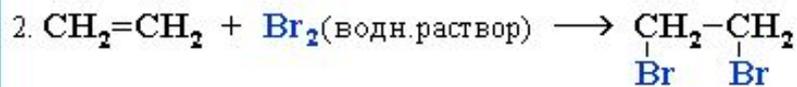
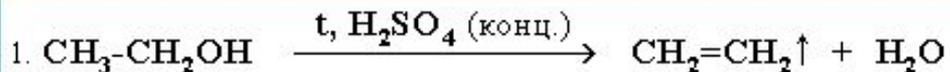
- Взаимодействия алканов с бромом.
  - Уравнения реакций:



- (видеоролик exr2.exe в папке лабораторные опыты)
- Опишите роль каждого реактива в опытах

# Получение алкенов

- Получение и свойства этилена.
  - Уравнения реакций:

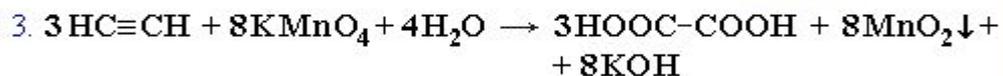
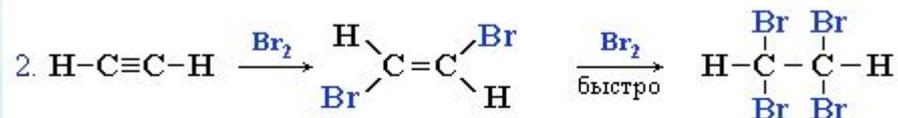


- (видеоролик exr4.exe в папке лабораторные опыты)
- опишите роль каждого реактива в опытах

# Получение алкинов

## Получение и свойства ацетилена.

### Уравнения реакций:



- (видеоролик exр5.exe в папке лабораторные опыты)
- Опишите роль каждого реактива в опытах