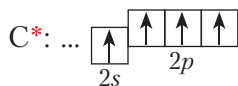


4. Якімі асаблівасцямі будовы тлумачыцца эластычнасць каўчуку?
5. Як доследным шляхам даказаць наяўнасць двайных сувязей у макрамалекулах каўчуку?
6. Прывядзіце формулы натуральнага і сінтэтычнага (бутадыенавага) каўчукаў. Ці з'яўляюцца гамолагамі іх манамеры?
- 7\*. Адзін з відаў сінтэтычных каўчукаў — бутылкаўчук — характарызуецца такімі каштоўнымі ўласцівасцямі, як высокая эластычнасць, хімічная ўстойлівасць, газанепранікальнасць. Ён выкарыстоўваецца для вырабу аўтамабільных камер, мембран, прагумаваных тканін, электраізаляцыйных матэрыялаў і інш. Бутылкаўчук сінтэзуюць шляхам сумеснай полімерызацыі 2-метылпрапену (ізабутылену) і ізапрэну. Макрамалекулы бутылкаўчуку змяшчаюць звёны абодвух манамераў.
- а) Напішыце структурныя формулы манамерных звёнаў бутылкаўчуку.
- б) Бутылкаўчук масай 26,22 г можа абясколерыць 48 г 5%-га раствора броду ў  $\text{CCl}_4$ . Разлічыце, колькі манамерных звёнаў ізабутылену прыпадае на адно манамернае звяно ізапрэну ў бутылкаўчуку.

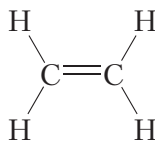
## § 18. Алкіны

Атамы вугляроду могуць быць звязаны паміж сабой не толькі адзінарнымі ці двайнымі, але таксама трайнымі сувязямі. Найпрасцейшым вуглеводародам, які змяшчае трайную сувязь, з'яўляецца *этын*, або *ацэтылен*,  $\text{HC}\equiv\text{CH}$ . Разгледзім яго будову.

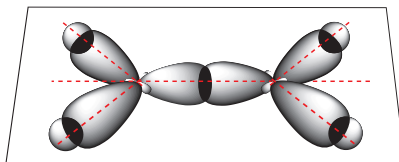
Кожны атам вугляроду ў ацэтылене ўтварае чатыры хімічныя сувязі. Утварэнне гэтых сувязей адбываецца за кошт чатырох атамных арбіталей:



Успомнім будову этылену:

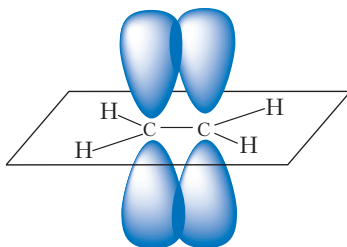


Атамы вугляроду ў гэтай малекуле знаходзяцца ў стане  $sp^2$ -гібрыдызацыі. За кошт  $sp^2$ -гібрыдных арбіталей кожны атам вугляроду ўтварае тры  $\sigma$ -сувязі: дзве сувязі з атамамі вадароду і адну — з суседнім вугляродам:



Мал. 18.1. Утварэнне  $\sigma$ -сувязей у малекуле этылену

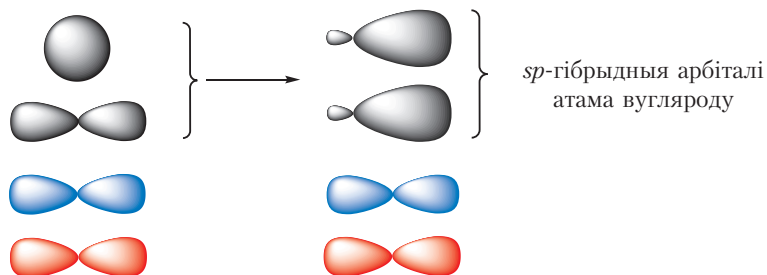
Другая сувязь паміж атамамі вугляроду ўтвараецца за кошт бакавога перакрывання *негібридных p-арбіталей* атамаў вугляроду — гэта  $\pi$ -сувязь:



Мал. 18.2. Утварэнне  $\pi$ -сувязі ў малекуле этылену

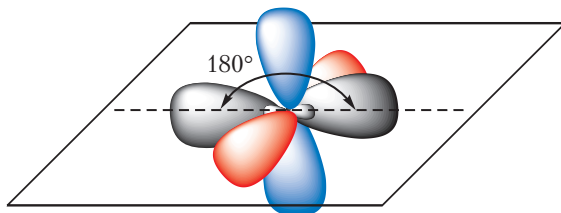
Такім чынам, двайная сувязь складаецца з адной  $\sigma$ - і адной  $\pi$ -сувязі.

У малекуле ацэтылену  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$  маецца трыная сувязь. Яна складаецца з адной  $\sigma$ - і двух  $\pi$ -сувязей. Так як  $\pi$ -сувязі ўтвараюцца за кошт перакрывання негібридных *p*-арбіталей, то ў гібрыдызацыі будуць прымаць удзел *адна s*- і *адна p*-арбіталі атамаў вугляроду. Такі тып гібрыдызацыі называецца *sp-гібрыдызацыя*.



Мал. 18.3. *sp*-Гібрыдызацыя арбіталей атама вугляроду

*sp*-Гібрыдныя арбіталі размяшчаюцца на адной прамой пад вуглом  $180^\circ$ . Дзве *p*-арбіталі атама вугляроду, якія не ўдзельнічаюць у гібрыдызацыі, захоўваюць сваю першапачатковую форму і размяшчаюцца ўзаемна перпендыкулярна:



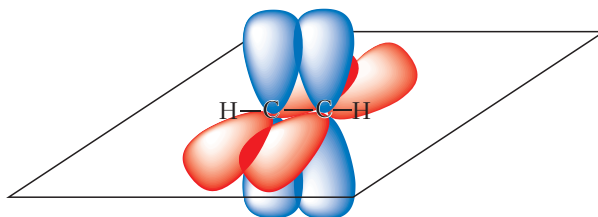
Мал. 18.4. Арбіталі *sp*-гібрыдызаванага атама вугляроду

За кошт перакрывання гібрыдных арбіталей кожны атам вугляроду ўтварае дзве  $\sigma$ -сувязі — адну сувязь з атамам вадароду і адну — з суседнім вугляродам:



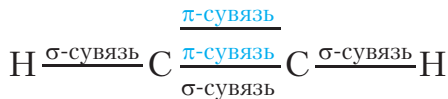
Мал. 18.5. Утварэнне  $\sigma$ -сувязей у малекуле ацэтылену

Арбіталі, якія не ўдзельнічаюць у гібрыдызацыі, фарміруюць дзве  $\pi$ -сувязі паміж атамамі вугляроду:



Мал. 18.6. Утварэнне  $\pi$ -сувязей у малекуле ацэтылену

Такім чынам, у малекуле ацэтылену маюцца тры  $\sigma$ -сувязі і дзве  $\pi$ -сувязі:



Малекула ацэтылену лінейная, валентны вугал роўны  $180^\circ$ . Сувязь паміж атамамі вугляроду трайная:



Мал. 18.7. Мадэль малекулы ацэтылену

Трайная сувязь карацейшая, чым двайная і адзінарная: у малекуле ацэтылену даўжыня сувязі паміж атамамі вугляроду роўная 0,120 нм. Нагадаем, што ў малекулах этылену і этану даўжыня сувязі паміж атамамі вугляроду складае 0,134 і 0,154 нм адпаведна.

Ацэтылен з'яўляецца найпрасцейшым прадстаўніком **алкінаў** — нецыклічных вуглеводараў, малекулы якіх змяшчаюць адну трайную сувязь.

Бліжэйшы гамолаг ацэтылену – *прапін*  $\text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{CH}$ . Малекулярная формула прапіну  $\text{C}_3\text{H}_4$ . Так як суседнія члены гамалагічнага рада адрозніваюцца па саставе на групу  $\text{CH}_2$ , відавочна, што наступны гамолаг павінен мець састаў  $\text{C}_4\text{H}_6$ . Адсюль лёгка можна вывесці агульную формулу алкінаў –  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ . Як вы ўжо ведаеце, агульную формулу  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$  маюць таксама алкадыены.

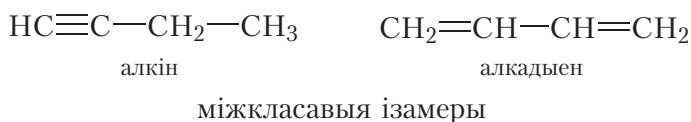
### Ізамерыя алкінаў

Алкінам, таксама як і алкенам, уласціва ізамерыя становішча кратнай сувязі і ізамерыя вугляроднага шкілета:



Звярніце ўвагу, што ў алкінаў ізамерыя вугляроднага шкілета магчыма пачынаючы з рэчыва, якое змяшчае пяць атамаў вугляроду ў малекуле.

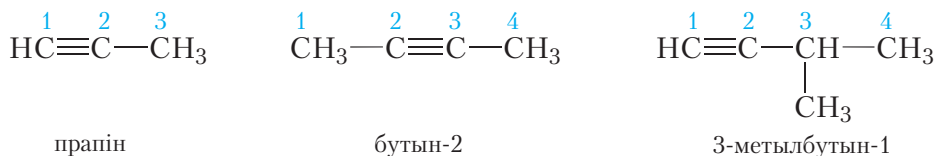
Як ужо ўпаміналася, алкіны і алкадыены маюць аднолькавую агульную формулу  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ . Таму алкіны будуць ізамерны алкадыенам. Такія ізамеры называюцца *міжкласавымі*. Напрыклад, формулу  $\text{C}_4\text{H}_6$  маюць рэчывы:



### Наменклатура алкінаў

Назвы алкінаў будуюцца таксама, як і назвы алкенаў, але суфікс *-ен* у канцы назвы замяняецца на суфікс *-ін* (ён абазначае адну трайную сувязь). Лічбай у канцы назвы ўказваецца становішча трайнай сувязі.

Прывядзём некалькі прыкладаў формул і назваў алкінаў:



Звярніце ўвагу:

а) у назве «прапін» няма неабходнасці ўказваць становішча трайнай сувязі;

б) атамы вугляроду галоўнага ланцуга нумаруюць пачынаючы з таго канца, да якога бліжэй трайнае сувязь.

### Фізічныя ўласцівасці

Фізічныя ўласцівасці алкінаў падобныя да ўласцівасцей адпаведных алкенаў. Так, алкіны з лікам атамаў вугляроду ў малекуле 2–4 пры пакаёвай тэмпературы з'яўляюцца бясколернымі газападобнымі рэчывамі. Алкіны з лікам атамаў вугляроду ў малекуле ад 5 да 16 – вадкасці. Алкіны з лікам атамаў вугляроду ў малекуле больш за 16 уяўляюць сабой цвёрдыя рэчывы. Тэмпературы кіпення некаторых алкінаў неразгалінаванай будовы прыведзены ў табліцы 18.1.

Табліца 18.1. Тэмпературы кіпення алкінаў

Назва	Структурная формула	Тэмпература кіпення ( $t_{\text{кіп}}$ , °C)
Этын	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	-84
Прапін	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	-23
Бутын-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	8
Пентын-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	39
Гексін-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$	71
Гептын-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$	100
Актын-1	$\text{HC}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}_3$	126

Алкіны нерастваральныя ў вадзе, але добра раствараюцца ў арганічных растваральніках.

Шчыльнасць вадкіх і цвёрдых алкінаў меншая, чым у вады.

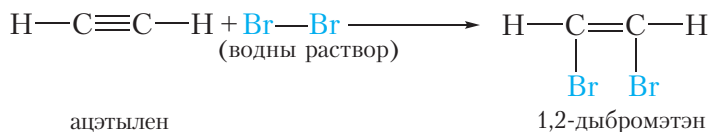
### Хімічныя ўласцівасці алкінаў

Хімічныя ўласцівасці алкінаў сходны з ўласцівасцямі алкенаў, так як у малекулах рэчываў абодвух класаў маецца кратная сувязь. Характэрнымі для алкінаў з'яўляюцца рэакцыі далучэння па трайнай сувязі, якія

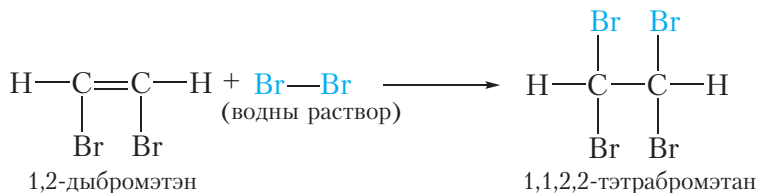
суправаджаюцца разрывам  $\pi$ -сувязей, бо яны менш трывалыя, чым  $\sigma$ -сувязь. Таксама як і алкены, алкіны могуць далучаць галагены, вадарод, галагенавадароды, прычым адна малекула алкіну можа далучыць дзве малекулы ўказаных рэчываў.

### 1. Галагенаванне. Далучэнне галагенаў

Алкіны, падобна алкенам, абясколерваюць бромную ваду:



1,2-Дыбромэтэн, які ўтвараецца, змяшчае двайную сувязь, таму пры лішку броду ўступае ў рэакцыю далучэння. У выніку ўтвараецца тэтрабромвытворнае алкану:



У адрозненне ад алкенаў, састаў прадуктаў рэакцыі алкінаў з бромам залежыць ад колькасных суадносін рэагентаў. Пры недахопе броду могуць утварацца злучэнні, якія змяшчаюць двайную сувязь, у той час як у лішку утвараюцца насычаныя злучэнні.

Дзве папярэднія рэакцыі можна аб'яднаць у адну:



Значыць, пры прапусканні ацэтылену праз бромную ваду працякае рэакцыя далучэння броду па трайнай сувязі. У выніку аранжавы раствор броду абясколерваецца. Падобная з'ява назіралася і для алкенаў.

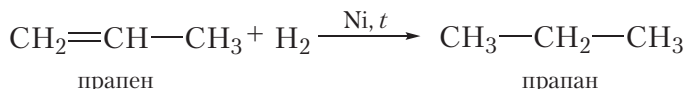
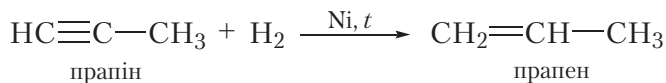
Такім чынам, **рэакцыя з бромнай вадой з'яўляецца якаснай рэакцыяй на кратную (двайную ці трайную) сувязь.**

Таксама як этылен, ацэтылен аб'ясколервае водны раствор перманганату калію. Такім чынам, **рэакцыя з растворам перманганату калію таксама з'яўляецца якаснай рэакцыяй на кратную (двайную ці трайную) сувязь.**

### 2. Гідрыраванне. Далучэнне вадароду

У выніку гідрыравання алкінаў спачатку ўтвараюцца алкены, а потым алканы. Для працякання рэакцыі неабходны каталізатар (Pt або Ni).

Прыкладзём ураўненні рэакцый, якія працякаюць пры гідрыраванні прапіну:



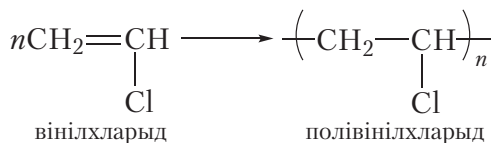
### 3. Гідрагалэнаванне. Далучэнне галагенавадародаў

Алкіны могуць далучаць малекулы складаных рэчываў. У выніку далучэння малекулы хлоравадароду да малекулы ацэтылену ўтвараецца хлорэтэн:



Вуглевадародны радыкал  $\text{CH}_2=\text{CH}-$  мае трывіяльную назву *вініл*. Таму хлорэтэн ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$ ) часта называюць *вінілхларыдам*. Вінілхларыд – бясколерны газ са слабым саладкаватым пахам, вельмі ядавіты,  $t_{\text{кiп}} = -14 \text{ }^\circ\text{C}$ .

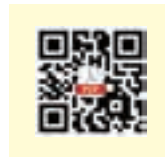
Малекула вінілхларыду змяшчае дваіную сувязь, таму ён, падобна алкенам, уступае ў рэакцыю полімерызацыі:



Прадукт рэакцыі полімерызацыі вінілхларыду – полівінілхларыд, або скарочана ПВХ, шырока выкарыстоўваецца для вырабу аконных рам,

дзвярэй, ліналеуму, электраізаляцыі правадоў, штучнай скуры і іншых вырабаў.

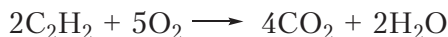
З асаблівасцямі далучэння галагенавадародаў і вады да гамолагаў ацэтылену вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



\* Далучэнне галагенавадародаў і вады да гамолагаў ацэтылену

#### 4. Гарэнне. Узаемадзеянне з кіслародам

Як і ўсе вуглевадароды, алкіны гараць. Ураўненне рэакцыі гарэння ацэтылену:



Пры гарэнні ацэтылену ў кіслародзе выдзяляецца вялікая колькасць цеплаты, тэмпература полымя настолькі высокая, што ім можна зварваць і рэзаць металы. Таму ацэтыленавае полымя выкарыстоўваецца пры зварцы і рамонце металічных вырабаў.

### Атрыманне ацэтылену

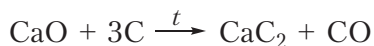
#### 1. Карбідны спосаб

Ацэтылен атрымліваюць у выніку дзеяння вады на карбід кальцыю  $\text{CaC}_2$ . Чысты карбід кальцыю ўяўляе сабой цвёрдае белае рэчыва без паху. Тэхнічны прадукт мае шэры колер і непрыемны пах з-за наяўнасці дамешак.

Карбід кальцыю бурна рэагуе з вадой, пры гэтым вылучаецца ацэтылен:



Для атрымання карбіду кальцыю выкарыстоўваюць вапняк ( $\text{CaCO}_3$ ), пры награванні якога ўтвараецца аксід кальцыю. Потым аксід кальцыю спякаюць з вугалем у электрапечы пры тэмпературы прыкладна  $2000\text{ }^\circ\text{C}$ :

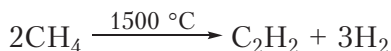


#### 2. Піроліз метану

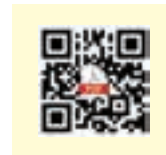
Яшчэ адным спосабам атрымання ацэтылену з'яўляецца частковае тэрмічнае раскладанне метану. Вы ўжо ведаеце, што калі алканы нагрэць да высокай тэмпературы (падвергнуць піролізу), то яны раскладаюцца на вуглярод і вадарод (§ 10). Аказваецца, адным з прамежкавых прадуктаў піролізу метану з'яўляецца ацэтылен. Каб прадухіліць раскладанне



ацэтылену, які ўтвараецца пры высокай тэмпературы (прыкладна 1500 °С), прадукты рэакцыі хутка ахалоджваюць. Працэс, які працякае, можна паказаць ураўненнем:



З іншымі метадамі атрымання алкінаў вы можаце пазнаёміцца, перайшоўшы па спасылцы ў QR-кодзе.



\* Метады атрымання алкінаў

*Вуглеводароды нецыклічнай будовы, у малекулах якіх маецца адна трайная сувязь, называюцца алкінамі.*

*Агульная формула алкінаў  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .*

*Трайная сувязь у малекулах алкінаў уключае адну  $\sigma$ - і дзве  $\pi$ -сувязі.*

*Характэрнымі для алкінаў з'яўляюцца рэакцыі далучэння па трайной сувязі. Пры гэтым адбываецца расшчапленне  $\pi$ -сувязей. Алкіны могуць далучаць галагены, вадарод, галагенавадароды.*

*Рэакцыі абясколервання раствору перманганату калію і бромнай вады з'яўляюцца якаснымі рэакцыямі на кратную (двайную і трайную) сувязь.*

*Ацэтылен атрымліваюць дзеяннем вады на карбід кальцыю і піролізам метану.*

*Алкіны ізамерны алкадыенам.*

### Пытанні і заданні

1. Адлюструйце шарастрыжнёвую мадэль малекулы бутыну-2. Укажыце тыпы гібрыдызацыі атамаў вугляроду ў дадзенай малекуле і валентныя вуглы. Ці можа бутын-2 існаваць у выглядзе прасторавых *цыс*- і *транс*-ізамераў?

2. Ці існуе вуглеводарод разгалінаванай будовы, які змяшчае ў малекуле чатыры атамы вугляроду і: а) дваіную сувязь; б) трайную сувязь?

3. Напішыце структурныя формулы ізамерных алкінаў саставу  $\text{C}_5\text{H}_8$ . Дайце ім назвы. \* Напішыце структурныя формулы міжкласавых ізамераў такога самага саставу.

4. Напішыце ўраўненне рэакцыі далучэння адной малекулы броду да малекулы бутыну-2. Назавіце прадукт рэакцыі.

5. У выніку няпоўнага гідрыравання алкіну атрымліваецца алкен, пры ўзаемадзеянні якога з бромнай вадой утвараецца дыбромвытворнае алкану саставу  $\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2$ , малекула

якога мае сіметрычную будову. Прывядзіце структурную формулу алкіну і алкenu, а таксама ўраўненні ўсіх рэакцый, якія працякаюць.

6. Пры ажыццяўленні зварачных работ для атрымання ацэтылену з карбіду кальцыю выкарыстоўваюцца генератары ацэтылену, адзін з якіх паказаны на малюнку. Які аб'ём ацэтылену (дм<sup>3</sup>, н. у.) можна атрымаць з 3 кг тэхнічнага карбіду кальцыю, які змяшчае 22 % дамешак?



## § 19. Ароматычныя вуглеводароды. Бензол, будова малекулы

Назва «араматычныя злучэнні» ўзнікла таму, што першыя вядомыя прадстаўнікі гэтага класа, атрыманыя яшчэ на пачатку XIX стагоддзя, мелі прыемны пах. Пазней аказалася, што большасць рэчываў, якія па будове і хімічных уласцівасцях належаць да гэтай групы, не маюць прыемнага паху. Аднак агульная назва гэтых злучэнняў захавалася.

Найпрасцейшым прадстаўніком ароматычных вуглеводародаў з'яўляецца бензол. Яго малекулярная формула  $C_6H_6$ .

Бензол — лёгкакіпячая ( $t_{\text{кип}} = 80\text{ }^\circ\text{C}$ ), бясколерная, нерастваральная ў вадзе вадкасць з характэрным пахам. Пры ахалоджванні ён лёгка застывае ў белую крышталічную масу з тэмпературай плаўлення  $5,5\text{ }^\circ\text{C}$ .

Адкрыў бензол вялікі англійскі фізік Майкл Фарадэй. У 1825 годзе яму ўдалося вылучыць бензол з каменнавугальнай смалы. Пазней былі ўстаноўлены найпрасцейшая  $CH$  і малекулярная  $C_6H_6$  формулы бензолу. Аднак доўгі час не ўдавалася ўстанавіць будову малекулы дадзенага рэчыва. Праз сорок гадоў пасля адкрыцця бензолу нямецкі хімік Аўгуст Кекуле зрабіў правільную здагадку аб цыклічнай будове малекулы бензолу і прапанаваў наступную структурную формулу:

