

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6

Тема. НЕНАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ: АЛКЕНИ

1. Актуальність.

Ненасичені ациклічні вуглеводні характеризуються високою реакційною здатністю і часто використовуються як початкові продукти для отримання речовин, застосованих у техніці, медицині, фармації. Алкени і алкадієни є мономерами, що займають чільне місце в хімії високомолекулярних сполук, широко застосованих як основа для різних лікарських форм, пакувальний матеріал, предмети санітарії та гігієни, хірургічний матеріал тощо.

Компетентності:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, здатність вчитися і бути сучасно навченим.
2. Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.
3. Здатність спілкуватися рідною мовою як усно, так і письмово.
4. Здатність до вибору стратегії спілкування; здатність працювати в команді; навички міжособистісної взаємодії.
5. Здатність до здійснення саморегуляції та ведення здорового способу життя, здатність до адаптації та дії у новій ситуації.
6. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань.
7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
9. Вміти обґрунтувати результати лабораторних хімічних досліджень.
10. Здатність робити висновки про варіанти перетворень в організмі α -амінокислот.

2. Конкретні цілі:

1. Сформувані вміння використовувати номенклатуру органічних сполук у назвах біологічно активних речовин і лікарських препаратів, а також уявлення про єдність будови, конфігурацій і конформацій органічних молекул як основи для розуміння зв'язку просторової будови з біологічною активністю.
2. Вміти використовувати основні поняття органічної хімії для пояснення реакційної здатності біологічно активних сполук. Робити висновки і аналізувати взаємозв'язок між будовою, конфігурацією та конформацією органічних сполук.
3. Набуття вмінь та практичних навичок дослідження властивостей та ідентифікації речовин. Знати властивості етилену. Вміти писати хімічні реакції з бромною водою, калій перманганатом, реакції горіння;
4. Писати будову, конфігурацію, конформацію сполук та енантіомери сполук.

3. Базові знання, вміння, навички, необхідні для вивчення теми (міждисциплінарна інтеграція)

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
Хімія та фізика (шкільний курс)	Знати основні положення теорії хімічної будови органічних сполук О.М. Бутлерова. Знати класифікацію органічних сполук. Знати структурну ізомерію, її види. (Матеріал шкільної програми по хімії).
Українська мова за професійним спрямуванням	Мати досконалі знання рідної мови. Використовувати при фаховому та діловому спілкуванні та при підготовці документів рідну мову.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до заняття та на занятті.

4.1. Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці до заняття:

Термін	Визначення
Алкени	вуглеводні, молекули яких характеризуються наявністю в молекулах подвійного вуглець-вуглецевого зв'язку C=C
π - зв'язок	
sp^2 - гібридизація	якщо у атома Карбону в молекулі органічної речовини 2s- орбіталь гібридизується з двома р-орбіталами, то виникають три нові рівноцінні sp^2 -гібридизовані орбіталі
Цис-ізомер	У випадку, коли однакові R (радикали) розміщуються в просторі по один бік від площини зв'язку C=C, утворюється <i>цис-ізомер</i> (від лат. cis – по цей бік).
Транс-ізомер	R (радикали) розміщені по різні боки від площини подвійного зв'язку, утворюється <i>транс-ізомер</i> (від лат. trans —через, по той бік).
C_nH_{2n}	загальна формула

4.2. Теоретичні питання до заняття:

1. Алкени. Загальна характеристика.
2. Електронна будова алкенів. Тип гібридизації атому Карбону. Ізомерія.
3. Основні фізичні і хімічні властивості.
4. Окремі представники. Одержання. Значення.

Зміст теми:

1. Алкени. Загальна характеристика.

Алкени – ненасичені вуглеводні, у молекулах яких між двома атомами Карбону міститься один подвійний зв'язок.

Їх часто називають етиленовими вуглеводнями (від назви першого представника гомологічного ряду), а іноді – *олефінами*, оскільки нижчі алкени, вступаючи у реакцію з хлором і бромом, утворюють олійісті, нерозчинні у воді сполуки (франц. olefiant – маслородний). Алкени характеризуються наявністю в молекулах подвійного вуглець-вуглецевого зв'язку C=C.. Хімічний склад етиленових вуглеводнів описується загальною формулою C_nH_{2n} . Алкени утворюють гомологічний ряд, який починається з вуглеводню з двома атомами вуглецю:

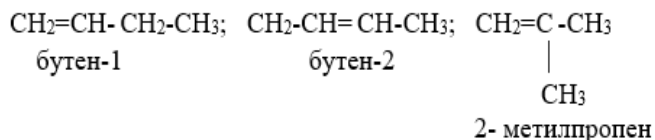
1. C_2H_4 етен $CH_2=CH_2$
2. C_3H_6 пропен $CH_2=CH-CH_3$
3. C_4H_8 бутен $CH_2=CH-CH_2-CH_3$
4. C_5H_{10} пентен $CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$ і т.д.

За систематичною міжнародною номенклатурою назву алкенів утворюють з назв аналогічно побудованих насичених вуглеводнів з тією самою кількістю вуглецевих атомів шляхом заміни суфікса *-ан* на суфікс *-ен*. При цьому в номенклатурі алкена вказується номер вуглецевого атома, після якого розміщений подвійний зв'язок. За основний вибирають найдовший вуглецевий ланцюг, в який обов'язково повинен входити подвійний зв'язок. Основний ланцюг нумерують так, щоб атом вуглецю, який вказує положення подвійного зв'язку, одержав менший порядковий номер.

Для алкенів часто використовують також назви, які склалися для них історично (*тривіальна номенклатура*). Тривіальні назви алкенів утворюють з назв відповідних насичених вуглеводнів, замінюючи в них суфікс *-ан* на суфікс *-илен* (*-ілен*): етилен (1), пропілен (2), бутилен (3), амілен (4).

Ізомерія. Алкенам властива структурна ізомерія, зумовлена будовою (розгалуженням) вуглецевого ланцюга і положенням подвійного зв'язку в ланцюзі. Ізомерія в ряду алкенів, як

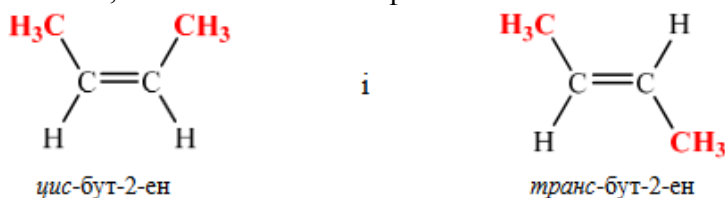
і алканів, починається з вуглеводню, що містить чотири атоми вуглецю, тобто з бутену, ізомерами якого є:



Крім структурної, в ряду алкенів має місце ще геометрична ізомерія, яка є одним з видів просторової ізомерії (стереоізомерії). *Стереоізомери* мають однаковий порядок хімічних зв'язків, але різне розміщення атомів або груп атомів (замісників) у просторі. Просторове розміщення замісників у молекулах стереоізомерів називається *конфігурацією*.

Геометрична, або *цис- транс-ізомерія*, – це такий вид просторової ізомерії, коли замісники по-різному розміщені в просторі відносно площини подвійного зв'язку.

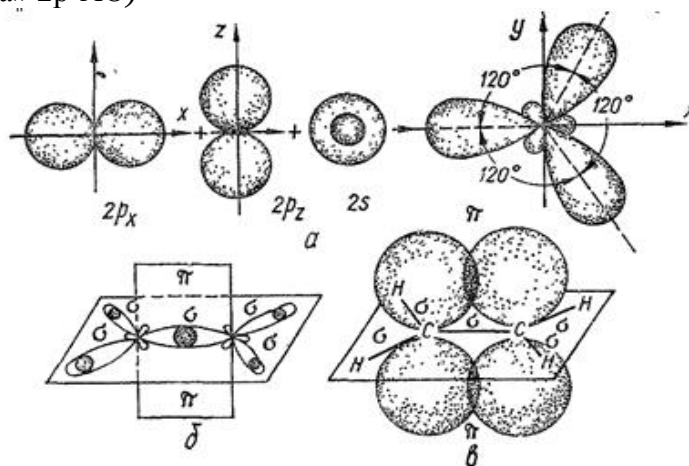
Даний вид ізомерії зумовлений відсутністю вільного обертання навколо зв'язку $\text{C}=\text{C}$. У молекулах речовини типу $\text{R}-\text{CH}=\text{CH}-\text{R}$ радикали (R) можуть бути як однаковими, так і різними. У випадку, коли однакові R розміщуються в просторі по один бік від площини зв'язку $\text{C}=\text{C}$, утворюється *цис-ізомер* (від лат. *cis* – по цей бік). Якщо R розміщені по різні боки – утворюється *транс-ізомер* (від лат. *trans* – через, по той бік). Геометричні ізомери відрізняються за фізичними, хімічними і навіть фізіологічними властивостями.



Ці ізомери відрізняються своїми властивостями. Так, у цис-ізомеру $t_{\text{кип}} = 3,7^\circ \text{C}$, $t_{\text{пл}} = -138,9^\circ \text{C}$, а у транс-ізомеру відповідно $+0,9$ і $-105,5^\circ \text{C}$.

2. Електронна будова алкенів. Тип гібридизації атому Карбону. Ізомерія

sp²-гібридизація – якщо у атома Карбону в молекулі органічної речовини 2s-орбіталь гібридується не з трьома, а з двома p-орбітальми, наприклад, з 2p_x-орбіталь і 2p_y-орбіталь, то виникають три нові рівноцінні sp²-гібридизовані орбіталі. При такій гібридизації карбон знаходиться в *другому (sp²) валентному стані*. Осі симетрії sp²-орбіталей розміщені в одній площині під кутом 120° одна відносно одної і напрямлені до вершин правильного трикутника. Тому sp²-орбіталі називають *плоскотригональними*. Третя 2p-АО не гібридизована («чиста» 2p-АО)



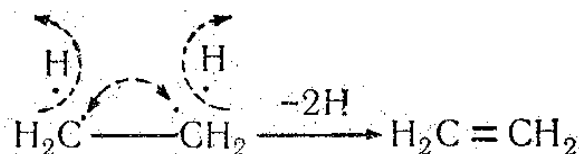
Схеми утворення трьох sp²-гібридизованих орбіталей карбону (а), σ-зв'язків у молекулі етилену (б) і π-зв'язків внаслідок перекривання двох негібридизованих 2p-електронів (в)

3. Основні фізичні і хімічні властивості.

Фізичні властивості. Перші три представники гомологічного ряду алкенів або етиленових вуглеводнів – гази, починаючи з C_5H_{10} – рідини, а $C_{18}H_{36}$ і вищі алкени – тверді речовини. Із збільшенням молекулярної маси алкену підвищуються їх температури плавлення і кипіння.

Хімічні властивості. Хімічні властивості алкенів зумовлені в першу чергу наявністю в їх молекулах подвійного вуглець-вуглецевого зв'язку $C=C$, який являє собою комбінацію σ - і π -зв'язків. Атоми карбону, сполучені подвійним зв'язком, знаходяться в sp^2 -гібризованому стані.

Утворення подвійного зв'язку між атомами карбону можна уявити собі на прикладі реакції дегідрогенізації насичених вуглеводнів. При відщепленні двох атомів водню, наприклад, від молекули етану утворюється етилен. У процесі відщеплення водню від кожного з вуглецевих атомів етану розпаровуються дві пари електронів і утворюється другий зв'язок:



Ковалентний зв'язок, утворений цією орбіталлю, називається π -зв'язком

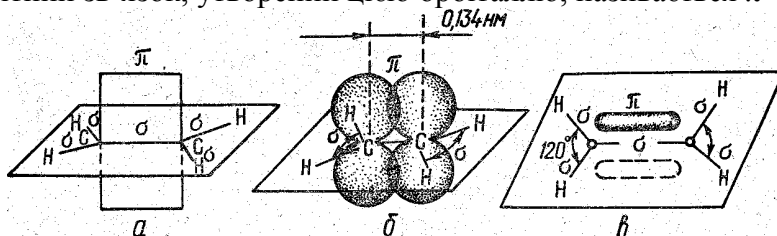
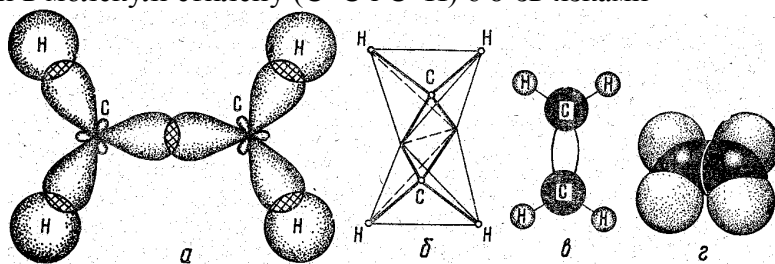


Схема утворення π -зв'язку в молекулі етилену:

a – розміщення π -зв'язку в просторі; b – бічне перекривання хмар p -електронів;
 c – розміщення електронної хмари π -зв'язку над площиною і під площиною атомних ядер

Інші зв'язки в молекулі етилену ($C-C$ і $C-H$) є σ -зв'язками



Будова молекули етилену:

a – розміщення σ -зв'язків у молекулі; b – тетраедрична модель молекули;
 c – кулестержнева модель молекули; d – масштабна модель молекули за Стюартом – Бріглемом

Довжина подвійного зв'язку $C=C$ менше порівняно із зв'язком одинарним $C-C$.

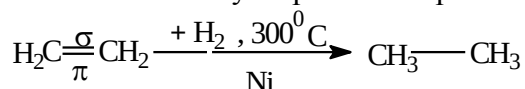
Особливістю подвійних зв'язків є те, що навколо них немає вільного обертання. Оскільки електронна густина π -зв'язку розміщена в просторі у площині, перпендикулярній до σ -зв'язку, то π -зв'язок не дає можливості вільно обертатись одній частині молекули відносно другої, сполученої з першою $C=C$ -зв'язком. А це приводить до появи у заміщених алкенів *геометричних цис-транс*-ізомерів.

Найпростішим і типовим представником сполук з подвійним $C=C$ -зв'язком є етилен, молекула якого плоска, всі шість її атомів розміщені в просторі під кутами, близькими до 120° .

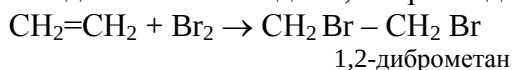
Істотною особливістю π -зв'язку молекули етилену та інших алкенів є те, що максимальна електронна густина його знаходиться вище і нижче від осі зв'язку, а область перекривання $2p$ -орбіталей дещо менша, ніж у sp^2 -орбіталей. З цього випливає, що π -зв'язок слабкіший від σ -зв'язку. Завдяки цьому етиленовий зв'язок виявляє високу реакційну здатність. Тому для етиленових сполук характерні реакції приєднання, реакційним центром у яких є π -зв'язок.

Реакції приєднання. Найважливішим типом хімічних перетворень етиленових сполук є реакції приєднання за місцем подвійного зв'язку за рахунок розриву енергетично слабкішого π -зв'язку. До зв'язку $C=C$ можуть приєднуватися водень, галогени, галогеноводні, вода, спирти та ін. Для алкенів надзвичайно характерними є реакції електрофільного приєднання до подвійного зв'язку полярних (іонних) реагентів або реагентів, які легко поляризуються.

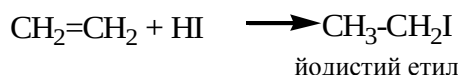
1. *Реакція гідрування.* Приєднання водню до етиленових вуглеводнів з утворенням насичених вуглеводнів відбувається при наявності каталізаторів. Під час реакції подвійний зв'язок розривається і замість σ - і π -зв'язків утворюються три σ -зв'язки:



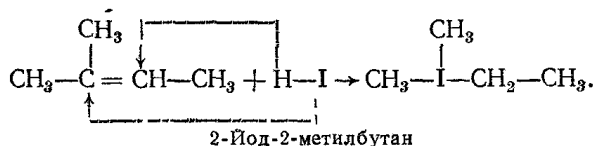
2. *Реакція галогенування.* Галогени (Cl_2 , Br_2 , I_2) приєднуються до алкенів за місцем подвійного зв'язку з утворенням дигалогенопохідних, наприклад:



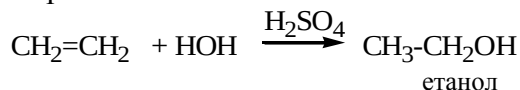
3. *Приєднання галогеноводнів. Правило Марковникова.* Ненасичені вуглеводні легко приєднують за місцем подвійного зв'язку галогеноводні (найлегше приєднується HI , а найважче – HCl):



У наведеній реакції немає значення, до якого атома карбону приєднується атом гідрогену, а до якого – атом йоду, оскільки обидва атоми карбону рівноцінні. Якщо ж галогеноводень приєднується до несиметричного алкену, то відбувається цей процес за *правилом Марковникова*: атом водню галогеноводню приєднується за місцем подвійного зв'язку переважно до того атома вуглецю, біля якого є більше атомів гідрогену (до найбільш гідрогенізованого), а атом галогену – до атома карбону, біля якого їх менше або немає зовсім, наприклад:

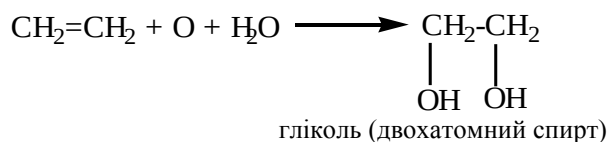


4. *Реакція гідратації* (приєднання води). За звичайних умов етиленові вуглеводні не реагують з водою. А при нагріванні і наявності сірчаної кислоти реакція гідратації відбувається з утворенням спиртів:



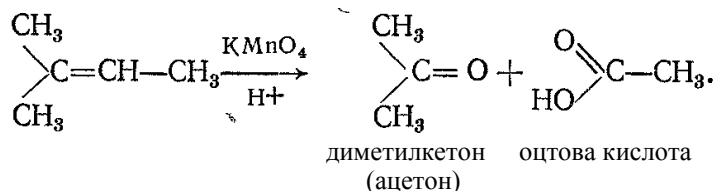
5. *Реакції окиснення.* При високих температурах на повітрі алкени згорають з утворенням діоксиду карбону і води.

Характерною реакцією етиленових вуглеводнів є окиснення їх на холоді водним розчином перманганату калію у лужному або нейтральному середовищі (*реакція Вагнера*). При цьому дві гідроксильні групи, що утворюються за рахунок води і атома кисню перманганату калію, приєднуються до подвійного зв'язку з утворенням двохатомного спирту, наприклад:

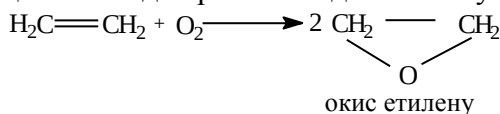


У результаті реакції розчин перманганату калію знебарвлюється або стає бурим (утворюється MnO_2 , якщо був надлишок $KMnO_4$). Цю реакцію часто застосовують як якісну для виявлення кратних зв'язків в органічних речовинах.

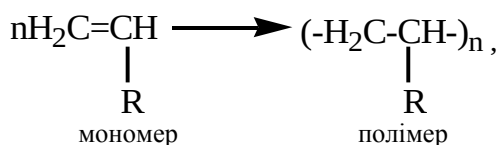
В умовах енергійного окиснення етиленових вуглеводнів (наприклад, при дії хромової H_2CrO_4 або марганцевої $HMnO_4$ кислоти) подвійний зв'язок повністю розривається і утворюються дві молекули кисневмісних речовин (органічні кислоти, кетони та ін.), наприклад:



Велике значення має пряме каталітичне окиснення етилену киснем повітря при наявності металічного срібла (каталізатор) при температурі $150-250^\circ C$. У результаті реакції утворюється окис етилену – цінна вихідна речовина для синтезу багатьох органічних сполук:



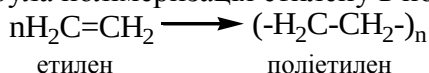
6. Реакція полімеризації. Характерною особливістю багатьох ненасичених сполук є їх здатність вступати в реакцію полімеризації і утворювати полімери. Полімеризацією ненасичених сполук називають хімічну реакцію утворення полімеру (високомолекулярної сполуки) за рахунок з'єднання між собою великої кількості молекул ненасичених сполук (мономерів) ковалентними зв'язками, які виникають внаслідок розриву кратних зв'язків (π -зв'язків) у молекулах мономерів. Полімеризацію можна розглядати як своєрідне хімічне множення молекул мономерів. При полімеризації не виділяються побічні низькомолекулярні продукти. Полімеризація, наприклад, однозаміщених похідних етилену може бути зображена загальною схемою:



де, n – ступінь полімеризації, який може мати значення до кількох сотень тисяч одиниць. При значенні $n = 2, 3, 4 \dots 10$ сполуки називають *олігомерами* (від грец. «олігос» – небагато). Полімери знаходяться в генетичному (спорідненому) зв'язку з вихідними мономерами. Замісники R – атоми водню, хлору або групи $-CH_3$, $-CN$, C_2H_5- , C_6H_5- та ін.

Полімери, добуті методом полімеризації, називають переважно за назвою мономерів, до якої додають префікс *полі-*, що означає «багато». Наприклад, полімер, синтезований з етилену, називають поліетиленом, полімер пропілену — поліпропіленом і т. д.

Важливого значення набула полімеризація етилену в поліетилен (політен):



Окремі представники. *Етилен* C_2H_4 – безбарвний газ з дуже слабким ледве солодкуватим запахом, горить слабкокіптявим полум'ям, що пояснюється високим вмістом у ньому вуглецю.

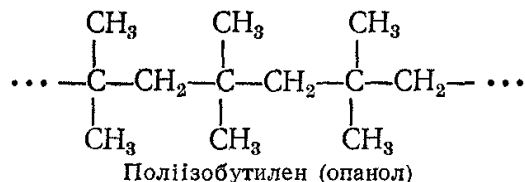
Добувають етилен переважно з газів крекінгу нафти і газів коксування кам'яного вугілля. Застосовують етилен для добування різних полімерів (поліетилену, поліхлорвінілу), розчинників (спирту, дихлоретану), антифризів (речовин, які знижують температуру замерзання води) та інших органічних речовин, а також у теплицях для прискорення досягання плодів (лимонів, помідорів тощо).

Пропілен C_3H_6 – безбарвний газ, який добувають з газів нафтопереробки. Застосовують для добування поліпропілену, ізопропілового спирту, ізопропілбензолу. З ізопропілового спирту добувають ацетон, а з ізопропілбензолу – фенол і ацетон. Ізопропілбензол є високоактивною добавкою до моторного пального. Пропілен

використовують також як сировину для добування гліцерину, синтетичних миючих засобів тощо.

Бутилен C_4H_{10} , також входить до складу газів нафтопереробки, з яких виділяють ізобутилен. Його застосовують для добування ізопрену, який є сировиною для добування ізопренового каучуку, високоактивного пального тощо.

З бутиленів нормальної будови добувають дивініл, з якого, як і з ізобутилену, полімеризацією дістають бутилкаучук і поліізобутилен:



Найпростіший алкен етилен – гормон росту рослин, який контролює досягання фруктів і появу у них забарвлення. При дії на організм він викликає загальний наркоз. Введення подвійного зв'язку в молекули може посилити або суттєво змінити фізіологічну дію речовини. Трихлоретилен ($Cl_2C=CHCl$) має значно більшу наркотичну дію порівняно з хлороформом чи етилхлоридом, а при введенні в морфін алільної групи замість метильної одержують його антагоніст.

Матеріали для самоконтролю:

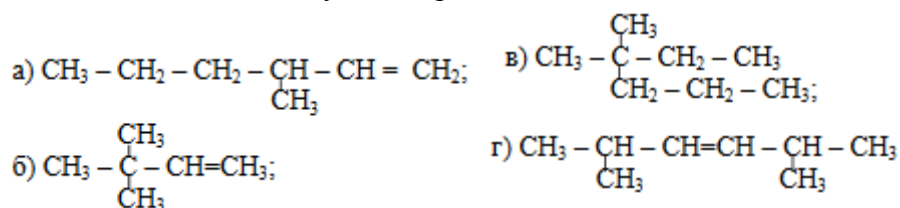
А. Задачі для самоконтролю:

Задача № 1. Вуглеводень належить до гомологічного ряду алкенів. Визначте його молекулярну формулу, знаючи, що 0,42 г може приєднати 0,16 г бром.

Задача № 2. Визначте за наведеними формулами речовин, які з них є алкенами:

C_4H_{10} , $C_{12}H_{24}$, C_3H_4 , C_7H_{14} , C_7H_8 , $C_{10}H_{22}$, C_4H_8 .

Задача № 3. Дайте назву таким речовинам:



Література:

Основна:

1. Черних В.П., Зіменковський Б.С., Грищенко І.С. Органічна хімія: у 3 кн. Харків: Основа, 1997. Кн. 1. 145 с.; Кн. 2. 480 с.; Кн. 3. 256 с.
2. Іващенко О.Д., Копанцева Л.М. Органічна хімія : навч. посіб.[для здобувачів І рівня освіти ОПП «Фармація»] – Полтава : ПДМУ, 2023. – 192 с.
3. Музиченко В.П., Луцевич Д.Д., Яворська Л.П. Медична хімія : Підручник для мед. ВНЗ І-ІІІ р.а. –3-тє вид. випр. Затверджено МОЗ / за ред. Б.С. Зіменковського. – К., 2018. – 496 с., тв. пал.
4. Органічна хімія : Навч. посіб. для мед. ВНЗ І-ІІІ р.а. –2-ге вид., випр. Рекомендовано МОЗ / Бойчук І.Д., Зубрицька Л.О. – К., 2013. – 240 с.
5. Порецький А.В., Баннікова-Безродна О.В., Філіппова Л.В. Медична хімія : Підручник. – К.: ВСВ «Медицина», 2012. –384 с.

Інформаційні ресурси:

1. <https://med-chemistry.pdmu.edu.ua/>
2. <https://www.pdmu.edu.ua/>.
3. <https://www.umsa.edu.ua/fakultets/foreign-students/kafedry/med-him/navchalni-materiali-med-him>

(Веб-страница Полтавський державний медичний університет).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Дослід 1. СИНТЕЗ ЕТЕНУ І ВИВЧЕННЯ ЙОГО ВЛАСТИВОСТЕЙ.

МАТЕРІАЛИ: етиленовий спирт, бромна вода, розчин перманганата калію.

У пробірку з газовідводної трубкою помістити суміш, що складається з однієї частини етилового спирту і трьох частин концентрованої H_2SO_4 , кинути шматочок пемзи для рівномірного кипіння суміші. Пробірку закрити пробкою з газовідводної трубкою і нагріти. Рівняння реакції.

Безбарвний газ, що утвориться, пропустити в розчин бромної води і розчин перманганата калію. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

Дослід 2. БРОМУВАННЯ НЕНАСИЧЕНИХ ВУГЛЕВОДНІВ.

Дослід проводити у витяжній шафі!!!!

МАТЕРІАЛИ: гас, бромна вода.

У суху пробірку помістити краплю суміші рідких вуглеводнів (гас), додати 1-2 краплі броду в органічному розчиннику, суміш перемішати. Спостереження, висновки, рівняння реакції.

Дослід 3. ДІЯ КОНЦЕНТРОВАНОЇ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ.

МАТЕРІАЛИ: рідкий вуглеводень, концентрована H_2SO_4 .

У пробірку помістити 2 краплі рідкого ненасиченого вуглеводню і 2 краплі концентрованої H_2SO_4 . Суміш добре перемішати протягом 1-2 хв., охолоджуючи пробірку проточною водою.

Що доводить дана реакція, який тип реакції здійснюється? Спостереження, висновки, рівняння реакції.

Дослід 4. ОКИСНЮВАННЯ НЕНАСИЧЕНИХ ВУГЛЕВОДНІВ

МАТЕРІАЛИ: рідкий вуглеводень, розчин KMnO_4

У пробірку внести 1 краплю рідкого ненасиченого вуглеводню, 1 краплю розчину вуглекислого натрію і додати при енергійному струшуванні 2-3 краплі розчину перманганату калію.

Що доводить реакція олефінів із бромною водою, перманганатом калію і сульфатною кислотою?

Спостереження, висновки, рівняння реакції.