

Тема: Реакційна здатність алканів, алкенів, алкінів, аренів, спиртів, фенолів.

План

1. Будова та реакційна здатність алканів
2. Будова та реакційна здатність алкенів
3. Будова та реакційна здатність алкінів
4. Будова та реакційна здатність алкадієнів
5. Будова та реакційна здатність аренів
6. Будова та реакційна здатність спиртів, фенолів

Вуглеводні та їх похідні

Вуглеводні - сполуки, молекули яких складаються з атомів Карбону та Гідрогену, разом із своїми похідними утворюють один з найбільших, класів речовин, що вивчаються біоорганічною хімією.

Залежно від типу будови вуглецевих ланцюгів, вуглеводні підрозділяються на сполуки з відкритим (незамкненим) ланцюгом - ациклічні (аліфатичні) та такі, що мають замкнений ланцюг - циклічні вуглеводні. Циклічні вуглеводні мають ще назву гомоциклічних, або карбоциклічних (на відміну від гетероциклічних) речовин. В принципі, більшість інших органічних (та біоорганічних) сполук можна розглядати як похідні вуглеводнів, утворені шляхом заміни атомів Карбону на різні атоми або групи атомів, що призводить до утворення інших класів речовин - галогенопохідних, спиртів, альдегідів, органічних кислот, амінів тощо, для яких молекули вуглеводнів є родоначальними структурами.

Як ациклічні, так і циклічні вуглеводні можуть мати у складі своїх вуглецевих ланцюгів кратні (подвійні або потрійні) зв'язки, тобто бути насиченими або ненасиченими сполуками. Насичені аліфатичні вуглеводні звуться алканами; такі, що вміщують один або два подвійних зв'язки - відповідно алкенами та алкадієнами; сполуки з потрійним зв'язком - алкінами.

Карбоциклічні вуглеводні можуть мати цикли насиченого типу - аліциклічні вуглеводні або такі, що складаються з одного або декількох бензольних кілець, які мають особливий ("ароматичний") характер вуглець-вуглецевих зв'язків - ароматичні вуглеводні, або ацени.

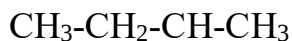
	Алкани
Ациклічні →	Алкени, алкадієни
	Алкіни
Вуглеводні	Аліциклічні

Циклічні →

Ароматичні

Алкани

Алкани - насичені аліфатичні вуглеводні, що мають лише нерозгалужені (н-алкани) або розгалужені (ізо- та неоалкани) вуглецеві ланцюги, наприклад:



Ізопентан

Загальна молекулярна формула сполук гомологічного ряду алканів



Оскільки назви аліфатичних вуглеводнів є наріжним каменем систематичної номенклатури всіх органічних сполук (розділ 1.1.), наведемо відповідну інформацію (таблиця 2.1.). Перші члени ряду алканів - гази алкани C₅-Сп - рідини, вищі алкани - тверді речовини (парафін, озокерит).

Таблиця 2.1. Молекулярні формули найбільш поширених алканів

<i>Назва алкану</i>	<i>Молекулярна формула</i>	<i>Назва алкану</i>	<i>Молекулярна формула</i>
Метан	CH ₄	Ундекан	C ₁₁ H ₂₄
Етан	C ₂ H ₆	Додекан	C ₁₂ H ₂₆
Пропан	C ₃ H ₈	Тридекан	C ₁₃ H ₂₈
Бутан	C ₄ H ₁₀	Тетрадекан	C ₁₄ H ₃₀
Пентан	C ₅ H ₁₂	Ейкозан	C ₂₀ H ₄₂
Гексан	C ₆ H ₁₄	Генейкозан	C ₂₁ H ₄₄
Гептан	C ₇ H ₁₆	Триаконтан	C ₃₀ H ₆₂
Октан	C ₈ H ₁₈	Тетрааконтан	C ₄₀ H ₈₂
Нонан	C ₉ H ₂₀	Пентаконтан	C ₅₀ H ₁₀₂
Декан	C ₁₀ H ₂₂	Гектан	C ₁₀₀ H ₂₀₄

Хімічні властивості алканів

1. Реакції вільнорадикального заміщення (S_R)

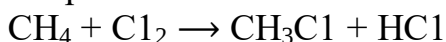
Окремі атоми в молекулах алканів сполучені між собою простими одинарними σ-зв'язками. Ці зв'язки є неполярними (C-C-зв'язки) або слабо полярними (C-H-зв'язки). Тому міжатомні хімічні зв'язки в молекулах алканів характеризуються значною міцністю порівняно з іншими зв'язками в молекулах органічних сполук і не схильними до гетеролітичного (іонного) розриву, виходячи з чого алкани являють собою хімічно інертні речовини.

Розщеплення внутрішньомолекулярних хімічних зв'язків в молекулах алканів відбувається за гомолітичним (вільнорадикальним) механізмом, який

зазвичай реалізується за умов впливу високих температур або дії на розчини вуглеводнів ультрафіолетового (УФ-) чи іонізуючого випромінення. За цих умов відбувається звичайно гемолітичний розрив зв'язку С-Н з утворенням вільнорадикальних продуктів та заміщенням водню на інший атом або групу атомів - реакція вільнорадикального заміщення (S_R). Більш жорсткі умови (подальше підвищення температури) призводять до гемолітичного розщеплення С-С-зв'язків (термічний крекінг алканів).

Галогенування алканів

Взаємодія алканів з галогенами (хлором та бромом при третинному атомі Карбону) відбувається звичайно в умовах дії УФ-випромінення або високої температури і призводить до утворення моногалогеналканів, які в подальшому можуть перетворюватися на полігалогеналкани:

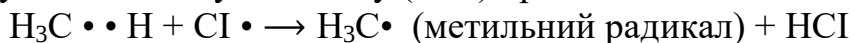


Процес являє собою вільнорадикальну ланцюгову реакцію, що відбувається в декілька стадій:

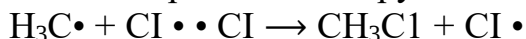
(1) *ініціювання ланцюга* - здійснюється шляхом гемолітичного розриву неполярного ковалентного зв'язку в молекулі галогену з утворенням двох вільних радикалів:



(2) *зростання (подовження) ланцюга* - реалізується в результаті атаки радикалом галогену одного із зв'язків С-Н в молекулі алкану, який піддається при цьому гемолітичному розриву; продуктами реакції є два нові вільні радикали (алкану та водню), що підлягають подальшим перетворенням. В разі галогенування молекули метану (CH_4) процес має вигляд:

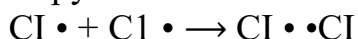


Радикал $\text{H}_3\text{C} \cdot$ атакує другу (нову в загальному випадку) молекулу хлору, що призводить до утворення молекулярного продукту галогенування (хлорметану) та нового вільного радикала хлору:

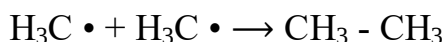


Новий радикал хлору ($\text{Cl} \cdot$) може атакувати існуючі в реакційному середовищі молекули алкану або хлоралкану, тобто виступати ініціатором подальшого утворення вільних радикалів і надання процесу характеру ланцюгового.

(3) *обрив ланцюга* - відбувається внаслідок зникнення або різкого зменшення концентрації найбільш активних вільних радикалів. У випадку реакцій галогенування це здійснюється в результаті взаємодії між собою («рекомбінації») радикалів хлору:



або продуктів вільнорадикального окислення самих молекул алканів:



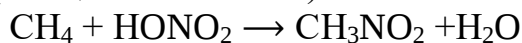
Обриву ланцюга сприяє також наявність в системі додаткових хімічних сполук - антиоксидантів, що, взаємодіючи з вільними радикалами, призводять до утворення малоактивних молекулярних продуктів.

Взаємодія вуглеводнів алканів та їх похідних з вільними радикалами має важливе загальнобіологічне та медичне значення, оскільки за подібним

механізмом відбувається процес вільнорадикального перекисного окислення поліненасичених жирних кислот біологічних структур.

Нітрування алканів

Нітрування алканів відбувається в умовах їх нагрівання з розбавленою нітратною кислотою (реакція Коновалова):



Реакція протікає також за механізмом вільнорадикального заміщення (S_R) в результаті атаки молекули алкану вільним радикалом $\text{NO}\bullet$.

Реакції окислення алканів

При повному окисленні (згорянні) алканів з утворенням кінцевих продуктів CO_2 та H_2O виділяється значна кількість енергії у вигляді тепла та світла - 890 кДж/моль при згорянні одного моля метану, що дозволяє використовувати ці сполуки як висококалорійне паливо. В умовах м'якого окислення алканів у присутності каталізаторів (солей марганцю, хрому) утворюється суміш оксигеновмісних похідних вуглеводнів - спиртів, альдегідів, кетонів, карбонових кислот.

Медико-біологічне та фармацевтичне значення алканів та їх похідних

Метан CH_4 («болотний» або «рудниковий» газ). Головна складова (до 99%) природного паливного газу. В природних умовах утворюється в результаті анаеробного бродіння целюлози, що входить до складу викопних рослинних залишків («болотний газ»). Метан має слабку наркотичну дію, його присутність у вдихуваному повітрі в високих концентраціях призводить до розвитку тяжкої асфіксії.

Вазелінова олія медична - масляниста рідина, що являє собою суміш алканів з довжиною вуглецевого ланцюга до C_{15} . Застосовується як засіб з проносною дією, розчинник при виготовленні рідких лікарських форм та лініментів.

Вазелін - мазеподібна маса, що складається з рідких та твердих алканів до C_{25} . Використовується у фармацевтичній практиці як основа для виготовлення мазей.

Парафін - суміш алканів C_{18} - C_{35} , являє собою білу тверду масу. Висока теплоємність парафіну сприяє його застосуванню як фізіотерапевтичного засобу.

Озокерит - природна суміш вищих алканів; тверда маса чорного кольору. Використовується у фізіотерапії за показаннями, близькими до парафіну.

Хлороформ CHCl_3 (трихлорметан) - рідина із специфічним запахом, що має наркотичну дію. Застосовується в медичній практиці як засіб для інгаляційного наркозу в суміші з киснем (0,5-1,5 об. %).

Йодоформ CHI_3 (трийодметан) - кристалічна речовина зеленувато-жовтого кольору з характерним запахом. Використовується як антисептичний засіб для зовнішнього використання у вигляді порошку або в

складі мазей та паст.

Фторостан CF_3CHBrCl (1,1,1-трифтор-2-хлор-2-бромстан) - летюча рідина, що має сильну наркотичну дію. Використовується як засіб для інгаляційного наркозу.

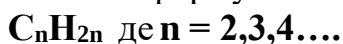
Етилхлорид $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ (хлоретил, хлоретан) - рідина з потужною наркотичною дією. У зв'язку з високою летючістю хлоретил при взаємодії з шкірою швидко випаровується, спричиняючи різке охолодження і знеболюючу дію, що обумовлює його застосування в медичній практиці як засобу для місцевого знеболювання.

Нітроалкани. До нітроалканів належать нітрометан CH_3NO_2 та нітропропани - 1-нітропропан $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NO}_2$ та 2-нітропропан $\text{CH}_3\text{CHNO}_2\text{CH}_3$. Ці речовини застосовуються як промислові розчинники та компоненти ракетного палива і мають важливе токсикологічне значення. При надходженні в організм нітроалкани спричиняють важкі ураження

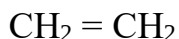
Алкени. Алкадієни

Алкени - ненасичені вуглеводні, що мають один подвійний зв'язок (їх стара назва – «олефіни»).

Загальна формула гомологічного ряду алкенів



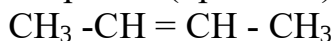
Найпростішими представниками гомологічного ряду алкенів є:



Етен (етилен)



Пропен (пропілен)



Бутен-2

Подвійний зв'язок є надзвичайно розповсюдженою структурою в біомолекулах, що надає останнім хімічних властивостей, характерних для алкенів. Представниками метаболітів, що мають у своїй структурі один подвійний зв'язок (моноєнові сполуки) є такі речовини, як мононенасичені жирні кислоти (пальмітоолеїнова, олеїнова, вакценова), інтермедіати обміну вуглеводів (фумарова кислота), вітамін С (аскорбінова кислота) тощо. Виходячи з цього, вивчення хімічних властивостей вуглеводнів, що мають у структурі молекули подвійний зв'язок, є надзвичайно важливим для розуміння механізмів багатьох біохімічних реакцій.

Хімічні властивості алкенів

Як вже зазначено, атоми Карбону в молекулі етилену знаходяться в стані sp^2 -гібридизації. Це означає, що чотири валентності Карбону та відповідно чотири зв'язки, якими Карбон сполучається з іншими атомами, неоднакові:

Будова молекули етену

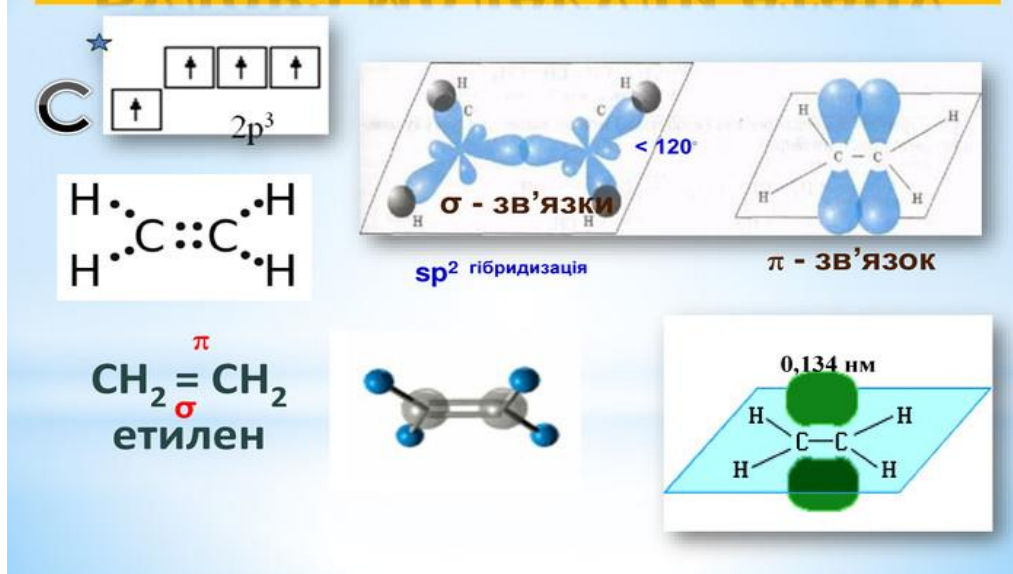


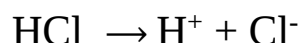
Рис. Перпендикулярні площини розміщення σ - та π - зв'язків у молекулах вуглеводнів з подвійним зв'язком між атомами Карбону.

Три σ - зв'язки, утворені гібридними sp^2 -орбіталями, та один π - зв'язок. Три σ - зв'язки (два зв'язки C-H та один зв'язок C-C) розташовані в одній площині під кутом 120° один до одного, π - зв'язок (другий зв'язок C-C), який утворюється шляхом бічного перекривання двох неспарених p_z -електронів, розміщується в перпендикулярній площині (рис.); при цьому ділянки його максимальної електронної густини скупчені по обидва боки (вище та нижче) лінії, що сполучає ядра Карбону.

Реакції електрофільного приєднання до молекул алкенів

Два електрони π - зв'язку, що являють собою електронні хмари з максимумами щільності вище та нижче площини σ - зв'язку між атомами Карбону в молекулах алкенів, відрізняються за своїми властивостями від електронів, які утворюють σ - зв'язок. Електрони π - зв'язку є більш рухомими і легко поляризуються під впливом електричного поля зовнішньої електропозитивної часточки E^+ . Виходячи з цього, найбільш характерними для алкенів є реакції електрофільного приєднання, що відбуваються з розривом π - зв'язку.

Реакція відбувається за іонним (гетеролітичним) механізмом. Розглянемо взаємодію алкену з молекулою HCl, що може дисоціювати на іони H^+ та Cl^-



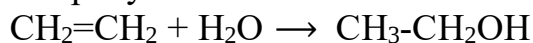
Сам процес електрофільного приєднання до молекули алкену відбувається у дві стадії.

Взаємодія електрофільної часточки (в даному випадку протона H^+) з π - електронами подвійного зв'язку. Результатом цього є утворення проміжного π - комплексу, який шляхом перегрупування електронів перетворюється на карбкатіон - комплекс, в якому два атоми Карбону сполучені σ - зв'язком (а-

комплекс). Карбокатион є часточкою, що має позитивний заряд на атомі вуглецю.

За розглянутим механізмом відбувається взаємодія з подвійним зв'язком алканів галогеноводневих кислот (HCl , HBr , HI) та сульфатної кислоти H_2SO_4

Приєднання до молекул алкенів води (гідратація) з утворенням спиртів реалізується лише в присутності кислотних каталізаторів за схемою:



Несиметричні алкени

Швидкість взаємодії іонних сполук типу H^+A^- з алкенами суттєво залежить від ступеня поляризації подвійного зв'язку, що визначається індуктивним та мезомерним ефектами сусідніх груп атомів. Зокрема, в молекулах несиметричних алкенів (типу пропілену $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$) за рахунок більшої електронегативності вуглецю порівняно з воднем відбуваються електронні зсуви в напрямках $\text{H} \rightarrow \text{C}$ та $\text{H}_3\text{C} \rightarrow \text{CH}$. Це призводить до збільшення електронної густини на атомі вуглецю подвійного зв'язку, що не сполучений з метильною групою, та утворенню на цьому атомі часткового негативного заряду δ^- .

Внаслідок такого розподілу електричних зарядів зростає активність приєднання протона H^+ саме до атома Карбону подвійного зв'язку, на якому зосереджений заряд δ^+ (більш гідрогенізованого атома Карбону), а аніона — до Карбону, що має заряд δ^- (менш гідрогенізованого Карбону):

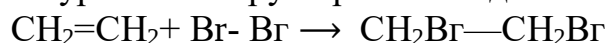


Така регіоселективність взаємодії іонних сполук з подвійним зв'язком молекул несиметричних алкенів дістала назву **правила Марковнікова** (записати правило).

1. Галогенування алкенів

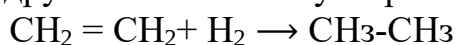
При взаємодії алкенів з галогенами (хлором, бромом) відбувається розрив подвійного зв'язку і утворення галогеноалканів. Реакція також відбувається за механізмом A_E . В цьому випадку утворення електрофільної часточки E^+ відбувається шляхом поляризації ковалентного зв'язку в молекулі галогену при дії π -електронної хмари алкену; в подальшому процес відбувається двостадійно, як розглянуто для реакції гідрогалогенування.

У фармацевтичному аналізі в якості реакції на подвійний зв'язок використовується реакція взаємодії з алкеном броду, що супроводжується знебарвленням бурого кольору «бродної води»:



2. Реакції відновлення молекул алкенів

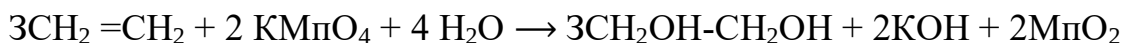
Відновлення алкенів з приєднанням водню по місцю подвійного зв'язку відбувається в присутності каталізаторів (нікелю, платини, паладію). Результатом гідрування алкенів є утворення відповідних алканів:



Процеси приєднання за місцем подвійного зв'язку широко розповсюджені в біохімічних системах. Це переважно реакції гідратації та відновлення молекул α ; β -ненасичених карбонових кислот - низькомолекулярних метаболітів (фумарової, цис-аконітової, фосфоенолпіровиноградної) і високомолекулярних (жирних) кислот, що протікають за участі біокатализаторів - ферментів. Наявність карбоксильної групи призводить до значної поляризації електронної густини впродовж вуглецевого ланцюга, що призводить до суттєвих особливостей у протіканні реакцій приєднання до біомолекул.

3. Окислення алкенів

Якісною реакцією на присутність подвійного Карбон-карбонового зв'язку є також окислення алкенів перманганатом калію KMnO_4 . В результаті реакції відбувається розрив π -зв'язку з утворенням двоатомного спирту гліколю та випадання бурого осаду оксиду марганцю (IV):



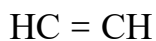
Алкадієни

Вуглеводні, що містять два подвійні зв'язки, дістали назву алкадієнів (дієнових вуглеводнів, або просто дієнів). Загальна формула гомологічного ряду алкадієнів – $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. В залежності від локалізації подвійного зв'язку у вуглецевому ланцюгу дієнові вуглеводні розділяються на класи.

Алкіни

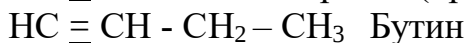
Алкіни - ненасичені вуглеводні, що мають потрійний зв'язок; їх загальна формула $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ де $n = 2, 3, 4, \dots$

Найпростішим представником гомологічного ряду алкінів є ацетилен, тому ця група сполук має також назву ацетиленових вуглеводнів.



Етин (ацетилен)

Назви алкінів за систематичною номенклатурою утворюються шляхом заміни у відповідних алканах закінчення -ан на **-ин(-ін)**, наприклад:



Хімічні властивості алкінів

Атоми Карбону, що утворюють в молекулах алкінів потрійний зв'язок, знаходяться у стані sp -гібридизації, яка виникає в результаті комбінації однієї $2s$ - та однієї $2p$ - орбіталі (p_x). Гібридні sp -орбіталі двох атомів Карбону, що розташовані лінійно, утворюють σ -зв'язки між собою та з двома атомами Гідрогену.

Негібридизовані $2p$ -орбіталі (p_y та p_z), що шляхом бічного перекривання формують дві пари π -електронів, розміщені в площинах, перпендикулярних до площини σ -зв'язків.

Ацетиленові вуглеводні в біологічних системах не зустрічаються, проте деякі з них мають широке застосування в промисловості та

фармацевтичному синтезі.

При надходженні в організм людини алкени діють як чужорідні

Ароматичні вуглеводні (арени)

Ароматичні вуглеводні (арени) - сполуки, в молекулах яких міститься одне або декілька кілець бензолу (C_6H_6) - циклічних структур, що мають особливий характер зв'язків між атомами вуглецю. Загальна формула C_nH_{2n-6} де $n = 6, 7, \dots$.

Загальна характеристика ароматичних вуглеводнів

Загальноновживана структурна формула бензолу ("формула Кекуле")

Залежно від кількості бензольних кілець (циклів, ядер), що входять до складу органічної молекули, арени підрозділяють на однадерні (моноциклічні) та багоядерні (поліциклічні), до яких, у свою чергу, належать арени з конденсованими (нафталін, антрацен, фенантрен тощо) та ізольованими циклами.

Однадерні арени: будова, властивості, представники

До однадерних (моноциклічних) аренів належить сам бензол та його гомологи - похідні бензолу, в молекулах яких один або декілька атомів водню ароматичного кільця заміщені на вуглеводневі радикали, наприклад:



Ароматичні радикали, що утворюються в разі відщеплення атома водню від бензольного кільця або бічного вуглеводневого замісника, мають назви "феніл" (фенільний радикал) та "бензил" (бензильний радикал).

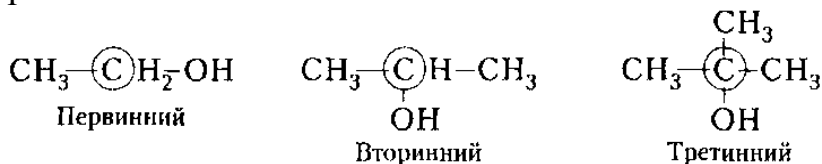
Похідні аренів, в яких атом водню заміщений на певну функціональну групу (гідроксильну, карбоксильну, амінну тощо) розглядаються в межах відповідних класів (гідроксисполук, карбонових кислот, амінів та ін.).

Медико-біологічне та фармацевтичне значення бензолу та його похідних полягає в тому, що моноциклічні ароматичні структури входять до складу багатьох біомолекул (зокрема, циклічних амінокислот та відповідно пептидів і білків, вітамінів, коферментів, гормонів, нейромедіаторів) та численних лікарських засобів природного і синтетичного походження.

Спирти

Спирти - похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або декілька атомів водню заміщені гідроксильною групою -ОН. Кількість гідроксильних груп визначає **атомність спиртів**. Одноатомні спирти містять у молекулі одну гідроксильну групу, наприклад $\text{CH}_3\text{-OH}$, двоатомні - дві, наприклад $\text{CH}_2\text{OH-CH}_2\text{OH}$, триатомні - три, наприклад $\text{CH}_2\text{OH-CHOH-CH}_2\text{OH}$, тощо.

Залежно від будови вуглеводневого залишку або природи вуглецевого атома, з яким зв'язана гідроксильна група, розрізняються *первинні*, *вторинні* та *третинні* спирти:



Наявність або відсутність ненасичених зв'язків визначає поділ аліфатичних спиртів на **насичені** і **ненасичені**.

Часто насичені спирти називають алканолами, або алкоголями. Назву *алкоголь* (від .араб, *alkohol* - дрібний порошок) для етилового спирту $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ запропонував ще Парацельс у XVI ст., а Берцеліусом ця назва була поширена на інші спирти.

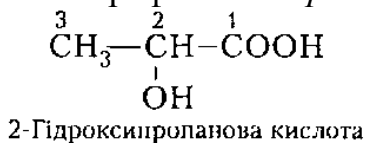
Одноатомні насичені спирти

Одноатомні насичені спирти (алканолі) позначаються загальною формулою **$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$** .

За *замісничковою* номенклатурою ІUPAC їх назву утворюють з назви відповідного алкану додаванням закінчення **-ол**. Головний ланцюг нумерується з того кінця, ближче до якого міститься ОН-група. Ізомерія спиртів залежить від будови вуглеводневого ланцюга і положення гідроксильної групи.

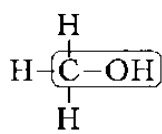
Для спиртів поширена також *радикально-функціональна* номенклатура. При цьому до назви вуглеводневого залишку додають слово *спирт*, наприклад метиловий спирт.

При розташуванні гідроксильної групи у бічному розгалуженні вуглецевого ланцюга її позначають префіксом *гідрокси-*, наприклад:

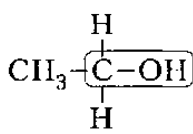


Наведена сполука відноситься до класу кислот, а не спиртів унаслідок старшинства карбоксильної групи -COOH порівняно з ОН-групою.

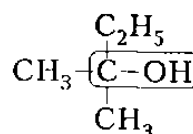
Раціональна (карбінольна) номенклатура спиртів тепер не рекомендована до використання і застосовується лише в деяких випадках для спрощення утворення назв. Вона аналогічна "метановій" номенклатурі алканів. За основу в карбінольній номенклатурі взятий найпростіший спирт CH_3OH , який отримав назву *карбінол*, всі інші спирти розглядають як його похідні, наприклад:



Карбінол
(метанол)



Метилкарбінол
(метилметанол)



Диметилетилкарбінол
(диметилетилметанол)

Достатньо поширеними залишаються деякі тривіальні назви спиртів: CH_3OH - деревний; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ - винний, $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ - аміловий тощо.

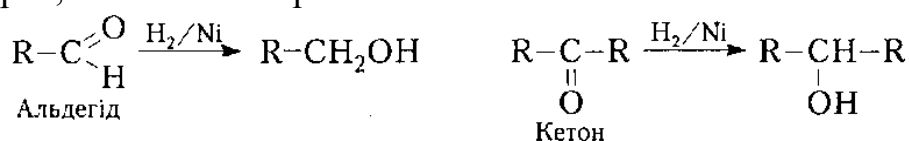
Методи одержання

До головних промислових методів одержання спиртів належать: гідратація алкенів, гідрування карбонільних сполук, оксосинтез, ферментативна переробка вуглеводів (бродиння) та окиснення.

Крім того, відомі численні лабораторні методи, з яких найважливіші гідроліз галогеналканів та синтези за допомогою металорганічних сполук.

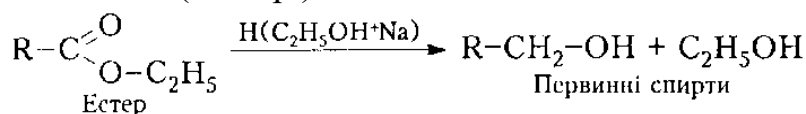
1. Гідратація алкенів. Наведена при висвітленні хімічних властивостей алкенів (взаємодія алкенів із водою).

2. Гідрування карбонільних сполук. Каталітичне гідрування (відновлення) карбонільних сполук - альдегідів, кетонів і естерів у присутності Ni, Pt або Pd приводить до утворення первинних або вторинних алканолів залежно від природи вихідної сполуки. Так, альдегіди утворюють первинні спирти, а кетони - вторинні:

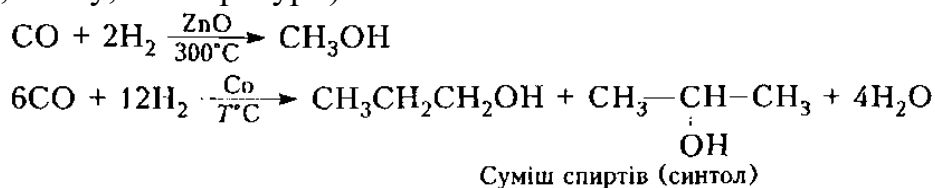


Крім каталітично активованого молекулярного водню H_2 застосовують м'якші агенти гідрування, наприклад: тетрагідроборат натрію NaBH_4 , тетрагідроалюмінат літію LiAlH_4 , диборан $(\text{BH}_3)_2$.

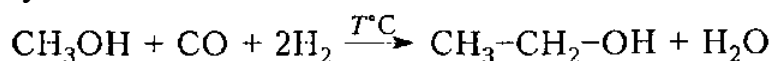
Естери при каталітичному гідруванні утворюють первинні спирти, причому їх можна відновлювати атомарним воднем (*in statu nascendi*) за методом Л. Буво - Г. Блана (1903 р.):



3. Оксосинтез (карбонілювання). Суміш оксиду вуглецю CO і водню утворює різні спирти та інші сполуки (формальдегід, насичені вуглеводні) залежно від умов процесу (природи каталізатора, співвідношення компонентів, тиску, температури):

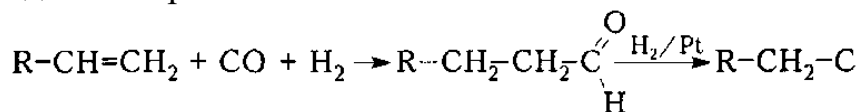


Карбонілювання спиртів дозволяє нарощувати вуглецевий ланцюг молекули та отримувати їх гомологи:

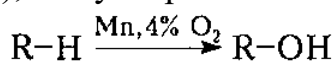


При карбонілюванні, чи оксосинтезі, алкенів утворюються альдегіди, які потім відновлюють до відповідних спиртів:

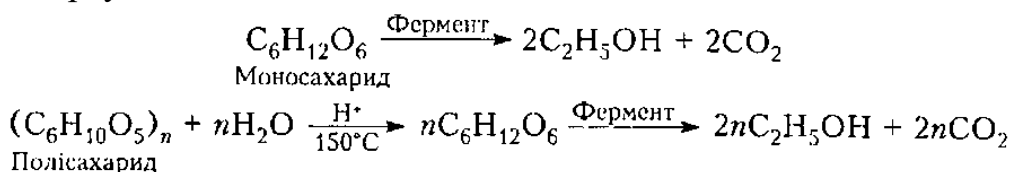
Карбонілювання – реакція введення до будь-якої молекули оксиду вуглецю CO.



4. Окиснення алканів. Нижчі алкани до спиртів не окиснюються. Реакція окиснення має практичне застосування для вищих парафінів C₁₂-C₂₀. Для запобігання подальшому окисненню спиртів доальдегідів і кислот реакцію проводять в атмосфері азоту в присутності борної кислоти (О. Башкиров, 1946 р.), яка утворює стійкі до окиснення естери:

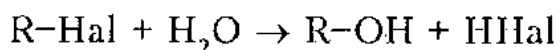


5. Ферментативна переробка вуглеводів. Ферментативна переробка вуглеводів, чи спиртове бродіння моносахаридів (глюкози, фруктози) і полісахаридів (крохмалю, клітковини), здавна є методом одержання етилового спирту:



При застосуванні інших за природою каталізаторів-ферментів добувають різні продукти бродіння. Так, ще під час Першої світової війни Х. Вейцман розробив технологію гідролізу крохмалю з утворенням суміші 60% 1-бутанолу, 10% етанолу і 30% ацетону при так званому ацетонобутаноловому бродінні.

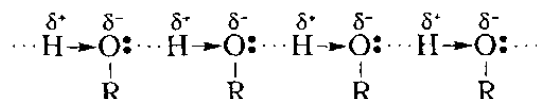
6. Гідроліз галогеналканів (реакції за механізмами S_{N1} і S_{N2}). Реакція гідролізу виглядає так:



Фізичні властивості

Загальні зміни фізичних властивостей (густина, температури кипіння та топлення тощо), характерні для вуглеводнів, проявляються і в спиртах. Але їх температури кипіння суттєво вищі, ніж алканів і галогеналканів з тією самою кількістю вуглецевих атомів. Це пояснюється наявністю водневих зв'язків, які сприяють існуванню асоціатів між молекулами спирту.

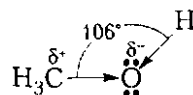
Залежно від будови первинні спирти мають вищу температуру кипіння, ніж вторинні, які, у свою чергу, характеризуються більшою температурою кипіння порівняно з третинними.



Спирти $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ - рідини, починаючи з C_{11} - мастильні або тверді тіла, і їх густина менша за одиницю. Спирти $\text{C}_1\text{-C}_3$ змішуються з водою без обмежень, що пояснюється утворенням водневих зв'язків з молекулами води.

Хімічні властивості

Хімічні властивості спиртів визначаються наявністю полярних зв'язків О-Н та С-О, а також неподілених електронних пар атома кисню. Полярність О-Н- зв'язку значно вища, ніж полярність зв'язку С-О, про що свідчать значення μ : 1,5 і 0,9 D відповідно.

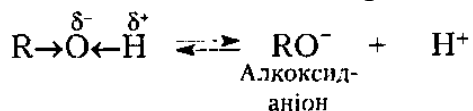


За реакційною здатністю спирти можна поділити на дві групи залежно від того, який зв'язок із наведених вище розривається в процесі реакції. Перша група - реакції, що відбуваються з розривом О-Н- зв'язку і до яких відносяться кислотно-основні, естерифікації, окиснення і дегідрування. Друга група - реакції, що відбуваються з розривом С-О-зв'язку і до яких відноситься нуклеофільне заміщення ОН-групи, утворення етерів, дегідратація, перегрупування.

Реакції з розщепленням О—Н- зв'язку

Розглянемо реакції першої групи.

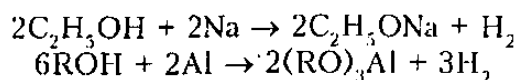
1. Кислотно-основні реакції. Для спиртів характерна іонізація О-Н- зв'язку з утворенням протона внаслідок його полярності:



Однак кислотність спиртів нижча, ніж води, і в ряду наведених сполук зменшується:

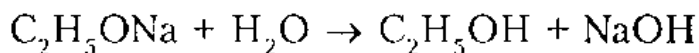
Сполука	H_2O	R-OH	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	NH_3	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	CH_4
pK_a	15,7	15,2-19,2	~25	~38	~44	~48

Кислотність спиртів підтверджується їх взаємодією з лужними металами, Al тощо:

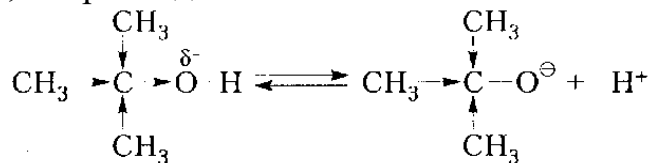


Алкоголяти (алканольати) R-ONa , що при цьому утворюються легко гідролізуються, оскільки вода є сильнішою кислотою, ніж спирти, за

винятком метанолу. Тому добути алкоголяти при взаємодії спиртів навіть з концентрованими водними розчинами лугів на зразок NaOH досить важко:

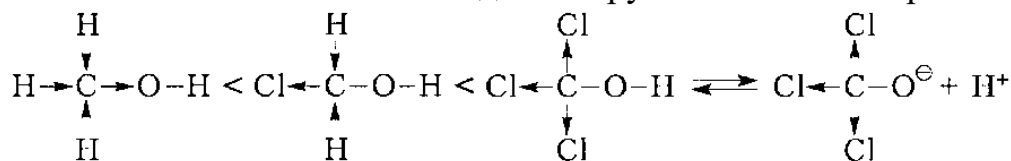


Кислотні властивості спиртів залежать від положення OH-групи і зменшуються в ряду: первинні > вторинні > третинні. Це пояснюється проявленням +I-ефекту алкільних груп, унаслідок якого збільшується електронна густина на атомі кисню. Надлишок електронної густини знижує стійкість аніона, наприклад:



Утворення *трет*-бутоксид-аніона утруднене

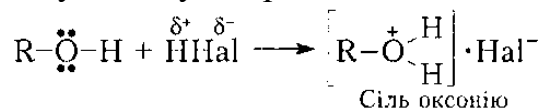
Первинні спирти іонізуються легше, ніж третинні, і при електроноакцепторних замісниках в α -положенні до OH-групи кислотність зростає:



Утворення трихлорометоксид-аніона не утруднене

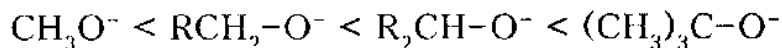
Утворення оксидного аніона в наведеному ряді полегшується внаслідок негативного -I-ефекту атома хлору. Тому для трихлорометанолу характерні високі кислотні властивості, оскільки іонізація O-H- зв'язку відбувається легше, ніж у метанолі.

Основні властивості спиртів як основ Льюїса зумовлені здатністю неподілених пар електронів атома кисню взаємодіяти з протоном з утворенням оксонієвих сполук. Тому спирти належать до оксонієвих основ:



Електронодонорні замісники збільшують основність спиртів, а електроноакцепторні - зменшують. Отже, сила основності спиртів, на відміну від кислотності, зростає від первинних спиртів до третинних: первинний спирт < вторинний < третинний.

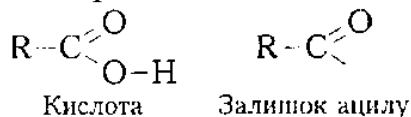
Основність алкоксид-аніонів RO⁻ більша, ніж відповідних спиртів, оскільки слабка кислота ROH завжди утворює сильну спряжену до неї основу RO⁻. При цьому основність алкоксид-аніонів більша, ніж таких лугів, як KOH або NaOH, і за силою змінюється аналогічно основності спиртів:



Таким чином, алкоксид-аніони, чи алкоголят-аніони, проявляють значну основність і є сильними нуклеофілами, особливо алкоголят-аніони третинних спиртів. Так, трет-бутилалкоголяти натрію, а також калію вважаються одними з найсильніших органічних основ.

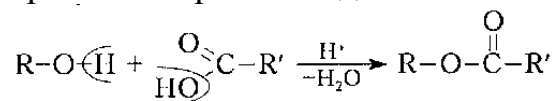
2. Реакція естерифікації. При взаємодії спиртів з органічними або кисневмісними мінеральними кислотами утворюються естери (від англ. *ester* - естер, складний ефір). Вони розглядаються як похідні спиртів, що отримуються при заміні атома водню групи OH ацильним залишком карбонової кислоти $\text{R}-\overset{\delta+}{\text{C}}=\text{O}$ або неорганічним залишком мінеральної.

Тому утворення естеру з спиртів і карбонових кислот називають реакцією ацилювання спиртів:



Ацилювання – введення до молекули субстрату ацильного залишку.

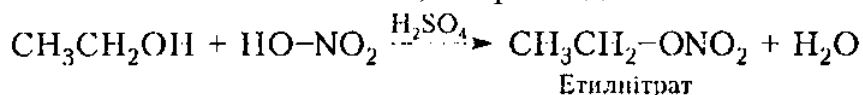
Загальна схема утворення естерів виглядає так:



Реакція естерифікації проходить у присутності каталізаторів - сильних кислот (концентрованої сульфатної H_2SO_4 , фосфатної H_3PO_4 , BF_3 тощо) в рідкій фазі або Al_2O_3 - в газовій. Первинні спирти легко реагують з карбоновими кислотами, вторинні - вже з меншою швидкістю, а третинні - ще важче через стеричні перешкоди, внаслідок яких утруднюється доступність реакційного центра при взаємодії з реагентом (правило М. Меншуткіна).

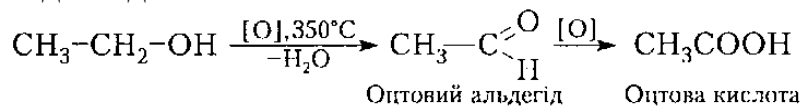
Методом помічених атомів встановлено, що в реакції естерифікації молекула води завжди утворюється при відщепленні групи HO від карбонової кислоти та атома H від спирту.

За наведеною схемою естери одержуються і при взаємодії спиртів з мінеральними кисневмісними кислотами, наприклад:

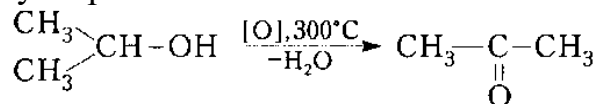


3. Окиснення і дегідрування спиртів. При окисненні спиртів за допомогою KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CrO_3 або O_2 в присутності міді утворюються альдегіди, кетони або карбонові кислоти.

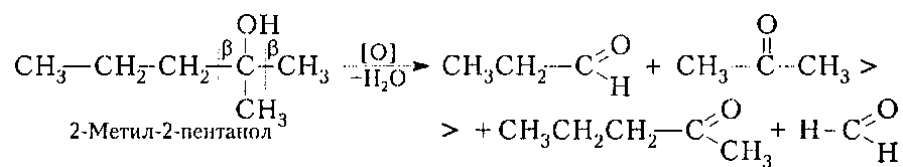
Первинні спирти утворюють альдегіди. Останні в умовах реакції здатні окиснюватися до відповідних кислот:



Вторинні спирти утворюють кетони:

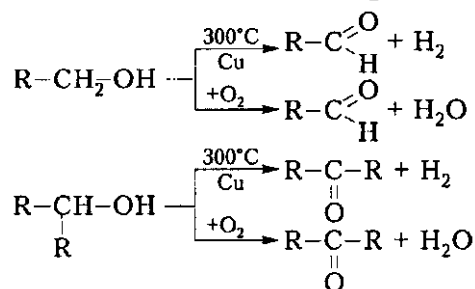


Третинні спирти в кислому середовищі окиснюються важко з розривом зв'язку C-C у β -положенні до гідроксильної групи та утворенням у кінцевому підсумку суміші кислот і кетонів:



Реакція дегідрування в присутності кисню називається реакцією *окиснювального дегідрування*.

З окисненням спиртів значно пов'язаний процес їх дегідрування, що відбувається в присутності міді як без кисню, так і з ним. З первинних спиртів при цьому утворюються альдегіди, а з вторинних -кетони:



Реакції з розщепленням С—О-зв'язку

До другої групи реакцій спиртів відносяться такі.

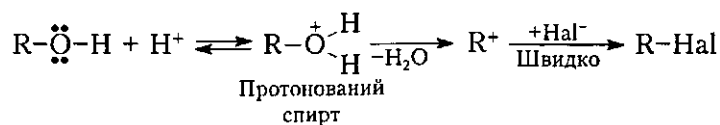
1. Заміщення гідроксильної групи галогеном. Заміщення НО-групи може відбуватися при дії на спирти як газоподібних галогеноводнів або їх водних розчинів, так і галогенангідридів неорганічних кислот PCl_5 , PBr_3 , SOCl_2 тощо.

При взаємодії спиртів з галогеноводнями утворюються галогеналкани, за здатністю взаємодіяти із спиртами вони розташовуються в ряд: $\text{HI} \gg \text{HBr} > \text{HCl}$.

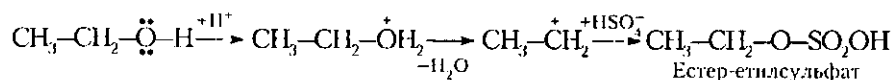
Пряма дія флуороводню HF не приводить до бажаних результатів. З метою заміщення НО-групи флуором застосовують інші флуоруючі реагенти (тетрафлуорид сірки SF_4 , тетрафлуорид селену SeF_4 , діетил-аміотрифлуорид сірки $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NSF}_3$ тощо).

Із спиртів найлегше вступають у реакцію третинні, як правило, за механізмом $\text{S}_{\text{N}}1$, найважче - первинні за механізмом $\text{S}_{\text{N}}2$.

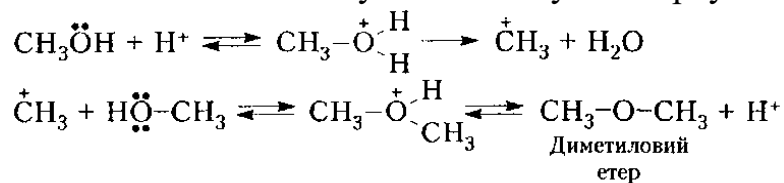
Реакція за $\text{S}_{\text{N}}1$ -механізмом відбувається через швидкість визначальну стадію протонування спирту й утворення карбокатиона, з яким і взаємодіє нуклеофільний галоген:



2. Взаємодія з сульфатною кислотою. При взаємодії спиртів, особливо первинних, з сульфатною кислотою утворюються відповідні естери вже на холоді. При цьому, на відміну від одержання естерів за участю нітратної кислоти, спостерігається розщеплення С-О-зв'язку в молекулі спирту:

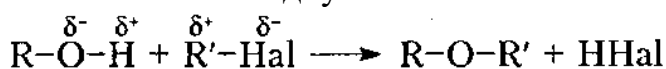


3. Утворення етерів. Одержання етерів відбувається в присутності кислотних каталізаторів при відносно невеликих температурах. Перебіг реакції етерифікації включає стадію утворення протонованого спирту, карбокатиона та алкілювання ними наступної молекули спирту:

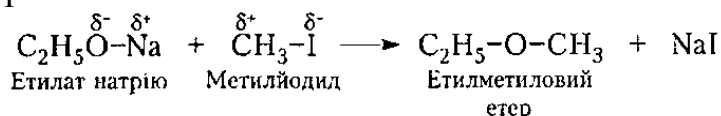


Найлегше етери синтезуються з первинних спиртів, важче реакція відбувається з вторинними і третинними спиртами, оскільки вони здатні в умовах процесу дегідратуватися до алкенів.

Як алкілюючі речовини застосовують також галогеналкіли. Однак взаємодія спиртів з галогеналкілами відбувається повільно:

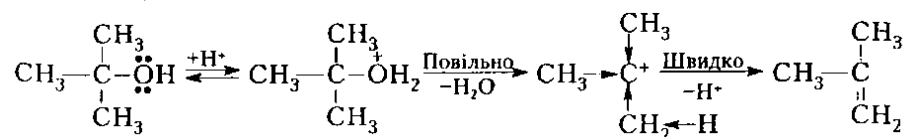


Тому для взаємодії з такими алкілюючими агентами краще використовувати не спирти (слабкі нуклеофіли), а їх алкоголяти (сильні нуклеофіли). Прикладом може служити алкілювання алкоголятів за О. Вільямсоном, 1852 р.:

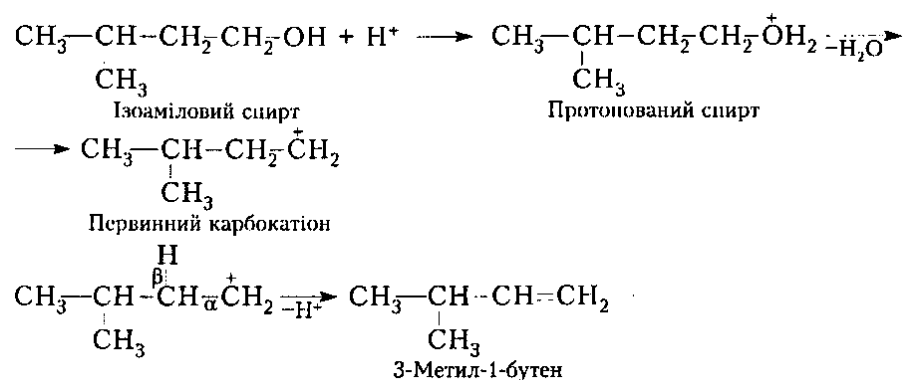


4. Дегідратація спиртів. При дегідратації спиртів отримують алкени та алкадієни.

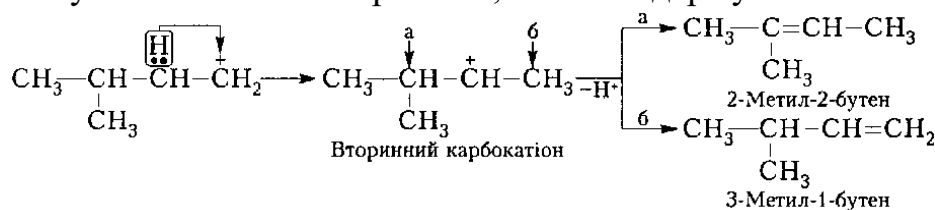
Легше дегідратуються третинні спирти, потім вторинні і далі первинні, за механізмом E1 або E2, аналогічно реакції дегідрогалогенування. Процес дегідратації спиртів підпорядковується *правилу О. Зайцева* з утворенням найбільш розгалужених алкенів. Так, дегідратація третинного спирту проходить за механізмом E1 і часто супроводжується реакцією нуклеофільного заміщення за S_N1-механізмом:



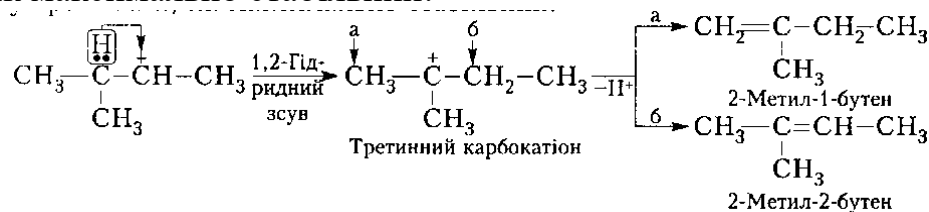
Одержання того чи іншого алкену при дегідратації визначається стабільністю проміжних карбокатионів і термодинамічною стабільністю розгалужених алкенів. Наприклад, для ізоамілового спирту згідно з правилом Зайцева повинен утворюватися тільки 3-метил-1-бутен, а реально виникають три алкени C₅H₁₀:



Утворений первинний карбокатион найменш стабільний і крім відщеплення протона схильний також унаслідок 1,2-гідридного переміщення ізомеризуватись у стабільніший вторинний, з якого одержують алкени:

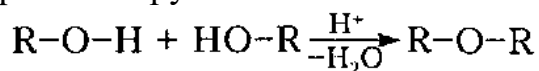


Вторинний карбокатион, у свою чергу, може також ізомеризуватись у третинний, як максимально стабільний:



Таким чином, при дегідратації ізоамілового спирту утворюється суміш із 3-метил-1-бутену, 2-метил-2-бутену і 2-метил-1-бутену, причому найбільше в продуктах реакції буде 2-метил-2-бутену як найрозгалуженішого.

Розглянуті реакції є прикладами внутрішньомолекулярної дегідратації, поряд з якою існує і міжмолекулярна дегідратація, прикладом якої, про що зазначалося вище, є утворення етеру:



Окремі представники

Метанол CH_3OH . Метанол, або метиловий спирт, раніше добували шляхом сухої перегонки деревини, звідкіля й утворилася його назва "деревний". Зовнішньо він подібний до етилового спирту, але має сильну отруйну дію і тому досить небезпечний.

Метанол використовується в першу чергу для синтезу формальдегіду, а також для одержання ліків, мономерів, барвників та як розчинник.

Отруйні властивості метанолу викликані його здатністю окиснюватися в організмі людини до формальдегіду і мурашиної кислоти, які руйнують білкові клітини (вже 10 г викликає сліпоту, а 30 г - смертельна доза для людини).

Етанол C_2H_5OH . Етиловий був першим спиртом, з яким познайомилася людина в процесі спиртового бродіння, звідкіля виникла його назва "винний". У промисловості етанол одержують в основному гідратацією етилену і ферментативним бродінням. Після фракційної розгонки він містить приблизно 95,5% спирту і 4,5% води. Це так званий азеотроп, або азеотропна суміш, яку подальшою розгонкою розділити неможливо. Тому для отримання 100%-ного (абсолютного) етанолу необхідно застосовувати ефективні водовідбирні речовини (CaO , Na , Mg , P_2O_5 тощо), здатні хімічно зв'язувати воду.

Етанол має багатопланове застосування. Це один з найкращих розчинників для багатьох органічних сполук - подібно до води для неорганічних. З етанолу одержують оцтову кислоту, діетиловий етер, естери етилацетату, бутилацетату тощо. Його застосовують для синтезу практично всіх класів органічних сполук, важко назвати технічну галузь, де б він не використовувався.

Етанол діє на організм людини як наркотик і у невеликій дозі викликає сп'яніння, а у великих кількостях може призвести до смерті.

Спирти C_3 (1-пропанол і 2-пропанол) застосовуються як розчинники і для синтезу як алкілюючі речовини.

Спирти C_4 (бутиловий, втор-бутиловий, ізобутиловий і трет-бутиловий) використовуються як розчинники та алкілюючі реагенти. Так, з н-бутнлового спирту одержують пластифікатори, з втеор-бутилового добувають етилметилкетон, а з ізобутилового - ізобутилен.

Спирти C_5 . Заслужовують на увагу ізоаміловий спирт (3-метил-1-бутанол) і 2-метил-1-бутанол, або оптично активний аміловий, які є основними компонентами сивушної олії (горілка-сирець). Крім них сивушна олія містить 1-пропанол, 2-метил-1-пропанол, домішки гексилового, гептилового спиртів.

Згадані спирти C_5 застосовують для виробництва відповідних естерів - харчових есенцій.

Вищі спирти. Широкого значення набувають вищі спирти (починаючи з C_{10} і більше) в різних промислових галузях (поверхнево-активні речовини, або миючі засоби, парфуми, прискорювачі вулканізації, пластифікатори, штучний віск тощо). Основними методами їх добування служать процеси гідрування відповідних альдегідів, отримані за допомогою оксосинтезу або каталітичного окиснення алканів.

Фармакологічні властивості етилового спирту

Спирт етиловий проявляє резорбтивну, місцевоподразнюючу, рефлекторну і протимікробну дії.

Проявом резорбтивної дії етанолу є його вплив на ЦНС. Спочатку він послаблює процеси гальмування в корі головного мозку, що проявляється порушенням пам'яті, критичного мислення, виникненням невмотивованої самовпевненості, надмірної балакучості, рухливості. Далі алкоголь послаблює також процеси збудження та пригнічує вищу нервову діяльність,

тому в людини знижується розумова та фізична працездатність, зникає відчуття втоми.

При нанесенні спирту на шкіру та слизові оболонки з'являється гіперемія, а відволікаючий ефект спричиняє тимчасовому зникненню болю. Рефлекторно стимулюючи трофічні процеси, він впливає на геодинаміку. На цих властивостях ґрунтується використання спирту для виготовлення різноманітних лікарських форм: компресів, лініментів які застосовуються при запальних захворюваннях внутрішніх органів, м'язів, нервів, суглобів. Здатність спирту у великих концентраціях коагулювати білок, тобто проявляти в'язучу дію, використовують при лікуванні опіків. Також його вживають внутрішньо при гангрени чи абсцесі легень у вигляді 20-30% розчину в стерильному ізотонічному розчині NaCl або в воді для ін'єкцій.

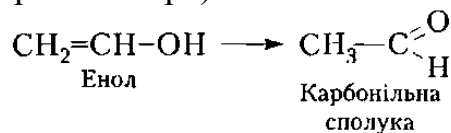
На мікроорганізми (крім спорових форм) спирт впливає бактерицидно. Таку дію він починає проявляти вже в 20% концентрації. Проте найчастіше використовують спирт 70%, адже при знезаражуванні шкіри він проникає в неї глибоко, досягаючи сальних і потових залоз, забезпечуючи цим високий антисептичний ефект у найближчі хвилини.

Ненасичені одноатомні спирти

Ненасиченими називаються такі спирти, в яких гідроксильна група сполучена з ненасиченим вуглеводневим залишком. До цих спиртів відносяться всі сполуки, в молекулах яких існує подвійний або потрійний зв'язок (зв'язки), а також їх комбінування. Назви спиртів даного типу за замісничковою номенклатурою IUPAC складають з назви вуглеводневої частини і закінчення *-ол*. Збережено також багато тривіальних назв.

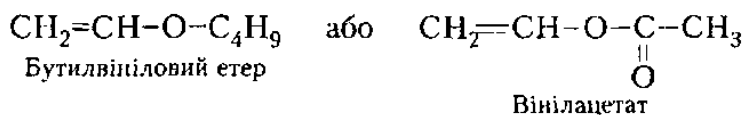
Для одержання одноатомних ненасичених спиртів (алкенолів або алкінолів) застосовують ті самі методи, що і для насичених, додаючи метод добування з ацетилену. За хімічними властивостями вони нагадують як спирти, так і ненасичені вуглеводні.

Вініловий спирт - найпростіший представник, у вільному стані не існує і при утворенні, наприклад в процесі гідратації ацетилену, ізомеризується в оцтовий альдегід унаслідок кето-енольної таутомерії (правило О. Ельтекова - Е. Ерленмейєра):



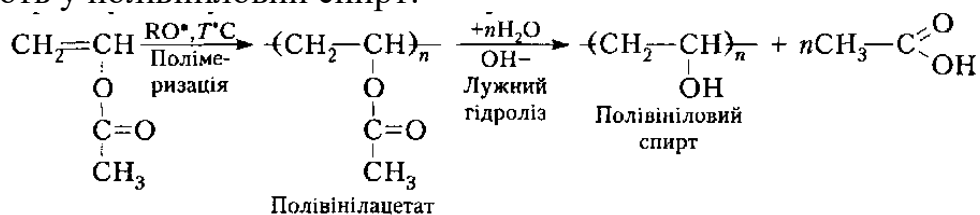
Правило Ельтекова — Ерленмейєра. Вінілові спирти з OH-групою біля подвійного зв'язку нестійкі і швидко ізомеризуються в стійкіші карбонільні сполуки.

Етери й естери вінілового спирту стабільніші і застосовуються для одержання полімерів:

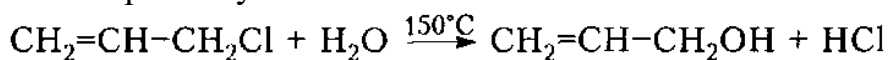


Отримати полімер вінілового спирту безпосередньо полімеризацією вінілового спирту неможливо, оскільки останній при цьому швидко

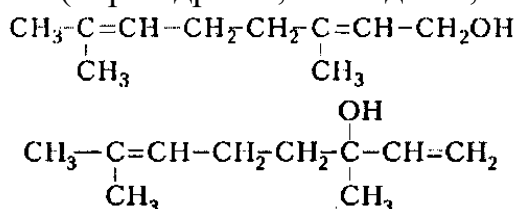
ізомеризується до оцтового альдегіду. Полівініловий спирт одержують іншим методом з вінілацетату. Спочатку полімеризують вінілацетат до полівінілацетату (ПВА), який потім за допомогою лужного гідролізу перетворюють у полівініловий спирт:



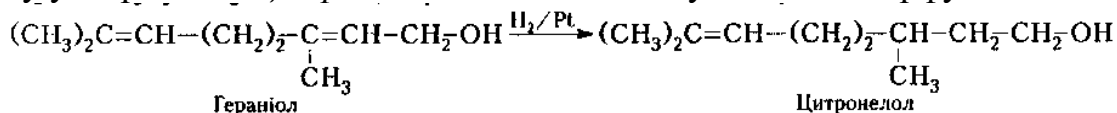
Аліловий спирт добувають шляхом гідролізу хлористого алілу в присутності 5%-ного розчину NaOH:



Вищі ненасичені спирти. До таких спиртів у першу чергу необхідно віднести два ізомерних спирти: *гераніол* $C_{10}H_{17}OH$, або 3,7-диметил-2,6-октадієн-1-ол, який у вигляді естеру складає основну частину запашної трояндової олії, і *ліналоол*, або 3,7-диметил-1,6-октадієн-3-ол, що входить до складу різних запашних олій (коріандрової, лавандової, помаранчевої):

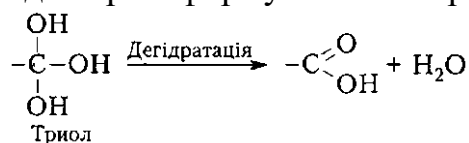


Молекула гераніюлу має Е-конфігурацію. Його Z-ізомер називається неролом і також входить до складу трояндової олії. При відновленні гераніюлу утворюється *цитронелол*, який застосовується для парфумів:



Триатомні спирти

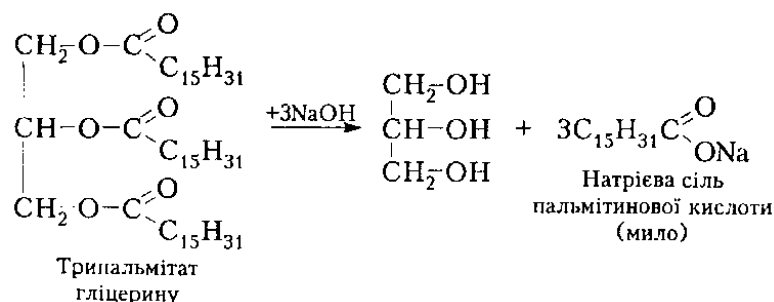
Спирти, що містять три гідроксильних групи, називаються триатомними (алкантриолами), або гліцеридами, від найпростішого їх представника - гліцерину $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{OH}$ (гліцеролу за пропозицією УНКоХіТерН). Загальна формула триатомних спиртів $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}(\text{OH})_3$. За систематичною номенклатурою IUPAC їх називають відповідно до існуючих правил, додаючи закінчення *-триол*. Наприклад, гліцерин називається 1,2,3-пропантриолом. Всі три гідроксили не; повинні мати спільного атома вуглецю, як і гліколи. Триоли з ОН-групами біля одного атома вуглецю нестійкі і при утворенні швидко трансформуються в карбонові кислоти:



Методи одержання

Серед триатомних спиртів найпоширеніший гліцерин. Уперше його отримав Шеєле, 1779 р., при лужному гідролізі жирів. Гліцерин можна добути одним з таких методів.

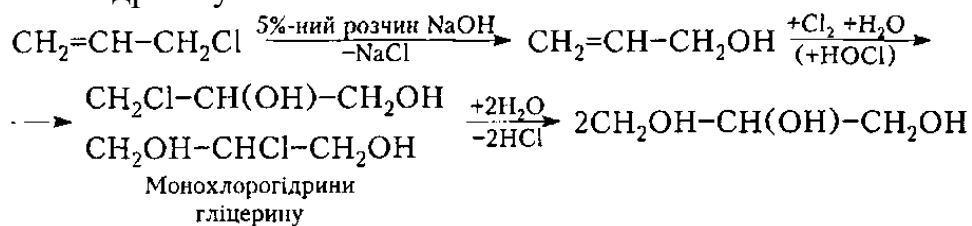
1. Гідроліз рослинних і тваринних жирів. Природні жири і частина олій являють собою естери гліцерину та вищих насичених і ненасичених кислот $R\text{-COOH}$ ($R = C_{15}\text{-}C_{17}$). Тому інколи жири називають *гліцеридами*. У присутності лужних або кислотних каталізаторів відбувається реакція гідролізу жирів (реакція, зворотна естерифікації), яку інколи не зовсім правильно називають омиленням, тому що саме таким способом добували мило:



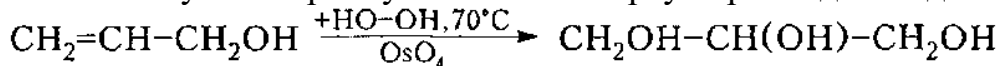
Наведений метод має історичне значення і тепер для добування гліцерину практично не застосовується, оскільки набули розвитку синтетичні шляхи з використанням нафто-газової сировини. Це пов'язано як з економічним чинником, так і з метою скоротити витрати харчових жирів на технічні потреби.

2. Синтез з пропілену. Існує декілька методів одержання гліцерину на основі пропілену.

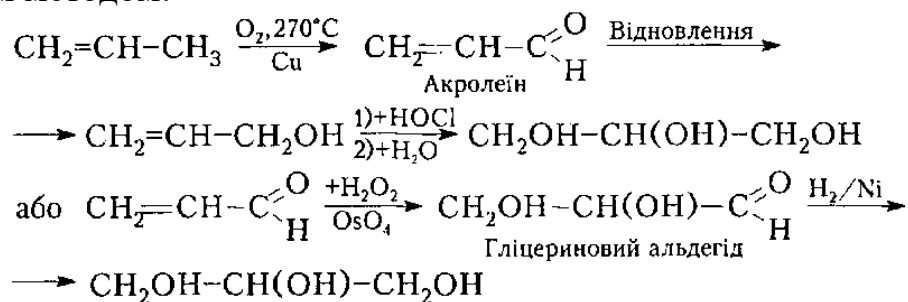
2.1. Синтез з алілхлориду та алілового спирту. При гідролізі алілхлориду утворюється аліловий спирт, який послідовно гіпохлорують та гідролізують:



Інколи застосовують обробку алілового спирту пероксидом водню:



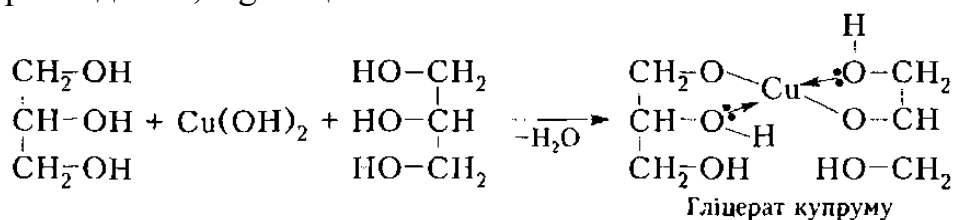
2.2. Синтез гліцерину окисненням пропілену вважається найперспективнішим методом:



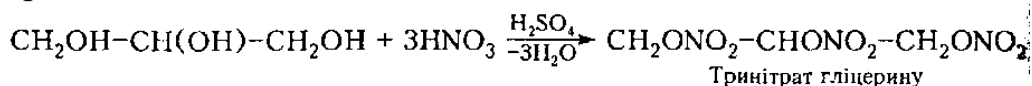
Фізичні і хімічні властивості

Гліцерин за властивостями нагадує гліколі. Це сильнов'язка речовина, гігроскопічна, солодка на смак, добре змішується з водою.

1. Кислотні властивості. За кислотністю гліцерин перевищує гліколі внаслідок взаємного індукційного впливу (-I-ефект) трьох гідроксильних груп. Гліцерин, як і гліколі, утворює комплексні сполуки *гліцерати* не тільки з лужними металами або їх гідроксидами, а й з оксидами і гідроксидами металів, наприклад з Cu, Hg тощо:



2. Утворення естерів. Практичне значення мають повні естери, гліцерину з нітратною кислотою, які застосовуються у виробництві вибухових речовин і ліків:



Наприклад, просочена тринітратом гліцерину тирса являє собою динаміт, а 1%-ний розчин цього тринітрату, відомий під фармакопейною назвою "нітрогліцерин" - серцеві ліки.

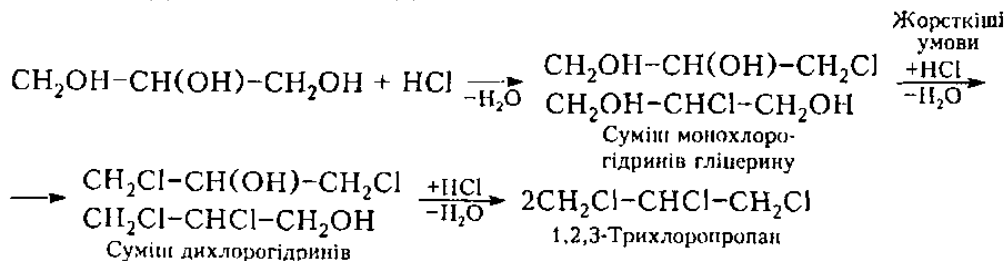
Взаємодією гліцерину з дикарбоновими кислотами або їх ангідридами одержують поліестери, наприклад гліфталеві або пентафталеві смоли, що застосовуються як плівкоутворювачі для лакофарбових композицій.

З монокарбоновими кислотами одержуються повні і неповні естери, наприклад:

Триацетат гліцерину

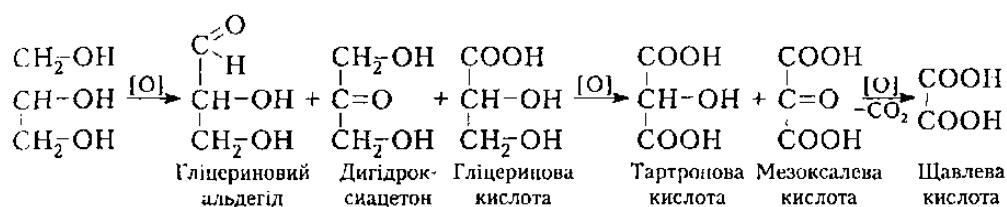
З вищими карбоновими кислотами гліцерин дає естери або жири.

3. Утворення галогеногідринів. При дії на гліцерин галогеноводнів (HCl, HBr), галогенідів фосфору або сумішей фосфору і галогенів синтезують моно- і дигалогенопохідні:

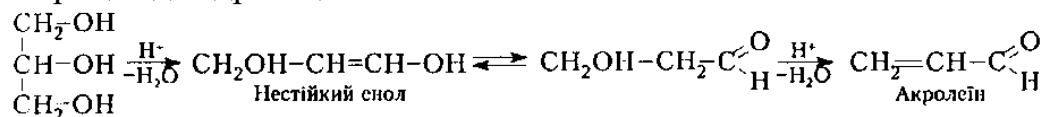


Тригалогенпропани існують для хлоро- і бромпохідних. 1,2,3-трийодпропан нестійкий і після виникнення перетворюється на різні монойодпохідні, оскільки в системі присутній HI - сильний відновник.

4. Окиснення гліцерину. Залежно від природи окисника та умов реакції при окисненні гліцерину можна добути різні сполуки:



5. Дегідратація гліцерину. У присутності водовідбирних засобів (KHSO_4 , MgSO_4 , H_3BO_3) або сульфатної кислоти при нагріванні проходить процес дегідратації:



Акролеїн утворюється в процесі гіркнення жирів та олій, що відчувається по специфічному різкому запаху.

Гліцерин широко використовується в парфюмерії, харчовій промисловості, для отримання вибухівки (тринітрату гліцерину), для синтезу алкідних та епоксидних смол, у текстильній галузі, при виготовленні шкіри, як антифриз тощо.