

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ КРИВОРІЗЬКИЙ
ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Природничий факультет
Кафедра хімії і безпеки життєдіяльності**

**3D-МОДЕЛІ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ЯК ЗАСІБ НАВЧАННЯ НА
УРОКАХ ХІМІЇ З ТЕМИ «ВУГЛЕВОДНІ»
(10 КЛАС, ПРОФІЛЬНИЙ РІВЕНЬ)**

Кваліфікаційна робота студентки
групи ХІм-24

ступінь вищої освіти «магістр»
спеціальності 014.06 «Середня
освіта (Хімія)»

Капусти Аліни Андріївни

Керівник: к.х.н., доцент Таштан Т.В

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Капуста Аліна Андріївна, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.



ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ 3D МОДЕЛЕЙ МОЛЕКУЛ НА УРОКАХ ХІМІЇ.....	6
1.1 Ізомерія та її види	6
1.2 Методика викладання теми «Вуглеводні»	15
1.2 3D моделі молекул	17
Висновок до розділу 1	19
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ УРОКІВ З ЕЛЕМЕНТАМИ ВИКОРИСТАННЯ 3D МОДЕЛЕЙ МОЛЕКУЛ	21
2.1 Розробка уроків до теми вуглеводні	21
2.2 Власні розробки навчально-методичного комплексу.	24
Висновок до розділу 2	30
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34
ДОДАТКИ.....	38
Додаток А	38
Додаток Б	47
Додаток В.....	50

ВСТУП

Актуальність: Використання тривимірних моделей молекул під час уроків хімії має численні переваги. Застосування 3D моделей значно полегшує процес засвоєння навчального матеріалу, оскільки дозволяє учням уявити молекули в тривимірному просторі, що суттєво покращує їх розуміння будови, просторової організації та взаємодії різних хімічних сполук. Для викладачів такі моделі є ефективним засобом наочності, який сприяє доступнішому поясненню складних хімічних концепцій. Крім того, використання 3D моделей підвищує мотивацію та інтерес учнів до предмета, роблячи навчальний процес більш інтерактивним та захопливим.

Мета: розробка план-конспект уроків із елементами застосування 3D моделей молекул.

Завдання дослідження:

1. Здійснити теоретичний аналіз наукових джерел із метою обґрунтування понять: «кратність зв'язків», «просторова будова алканів, алкенів, алкінів та аренів», «класифікація ізомерії», «ізомерія ненасичених вуглеводнів», «3D моделі молекул», «3D моделі молекул», «застосування 3D моделей молекул»;

2. Створити 3D моделі молекул;

3. Скласти методичних матеріалів для уроків з елементами використання 3D моделей молекул;

Об'єкт дослідження: 3D моделі молекул;

Предмет дослідження: використання 3D моделей молекул для візуалізації та пояснення складних аспектів з теми «Вуглеводні»;

Методи дослідження: Для розв'язання поставлених завдань використовувався комплекс методів: теоретичні (аналіз, порівняння, узагальнення, систематизація); емпіричні – розробка план-конспект уроків із елементами застосування 3D моделей молекул.

Структура роботи зумовлена логікою дослідження і складається із: вступу, двох розділів, висновків до розділів, висновків, списку використаних джерел (29 найменувань). Основний зміст роботи викладено на 28 сторінках комп'ютерного набору. Робота містить 4 таблиці, 28 рисунків та 29 QR-кодів. Загальний обсяг роботи – 50 сторінки.

Теоретичне значення дослідження. обґрунтовується ефективність використання 3D моделей молекул, зокрема їх значення під час використання на уроках хімії;

Практичне значення дослідження полягає в розробці методичних матеріалів для уроків з використанням 3D моделей молекул.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ 3D МОДЕЛЕЙ МОЛЕКУЛ НА УРОКАХ ХІМІЇ

1.1 Ізомерія та її види

Однією з ключових особливостей органічної хімії є її просторовий, тривимірний вимір. Органічні молекули характеризуються певною геометрією, яка визначає їхню форму в просторі та істотно впливає на фізичні й хімічні властивості сполук. Одна й та сама сукупність атомів може утворювати різні просторові варіанти будови – ізомери. Ізомерія відображає структурне різноманіття органічних сполук [25].

Явище, за якого сполуки мають однаковий хімічний склад, але відрізняються будовою, називають ізомерією. Одним із перших таких випадків стало дослідження кислот $\text{HO}-\text{C}\equiv\text{N}$ і $\text{HO}-\text{N}\equiv\text{C}$ у лабораторії Ю. Лібіха та Ф. Велера. Через рік Лібіх виявив, що фульмінатна кислота має той самий склад, що й ціанова, проте їхні властивості різняться. Пізніше Я. Берцеліус описав винні кислоти, і для пояснення подібних явищ було введено термін «ізомерія» [10, с. 26].

Наукове пояснення явища ізомерії стало можливим завдяки відкриттю О. М. Бутлерова. Розвиток теорії хімічної будови дозволив глибше зрозуміти відому ізомерію, описати нові її види і ввести уявлення про просторову будову молекул. [10, с. 26].

Пояснення явища ізомерії не лише підтвердило наукову обґрунтованість теорії хімічної будови, а й суттєво зміцнило її авторитет у колі дослідників, сприяючи ширшому застосуванню та подальшому розвитку уявлень про будову органічних сполук.

Отже, підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що сучасне трактування ізомерії значною мірою узгоджується з початковими науковими висновками щодо природи цього явища.

На сьогодні ізомерію розуміють як явище, за якого існують сполуки ізомери, що мають однакову молекулярну формулу, проте відрізняються будовою [13, с. 174].

Існує два базові різновиди ізомерії, які, у свою чергу, поділяються на кілька підтипів. До цих основних типів належать структурна ізомерія та просторова ізомерія.

Структурна ізомерія – це різновид ізомерії, при якому сполуки мають однакову молекулярну формулу, але відрізняються порядком з'єднання атомів у молекулі [26]. Наприклад, дві молекули з однаковою формулою відрізняються положенням метильної групи в ланцюзі (Рис. 1.1).

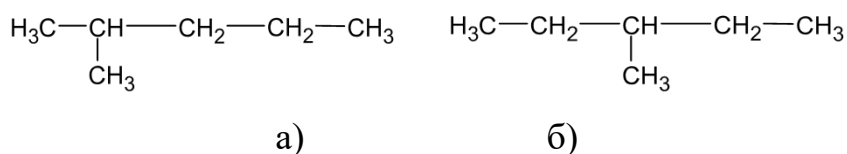


Рис. 1.1 Структурна ізомерія на прикладі: а) 2-метилпентану; б) 3-метилпентану.

Структурна ізомерія, у свою чергу, поділяється на кілька підвидів, серед яких виділяють:

- Ізомерію карбонового ланцюга – проявляється у різному розгалуженні карбонового скелета, що призводить до утворення лінійних та розгалужених структур (Рис. 1.2) [27]:

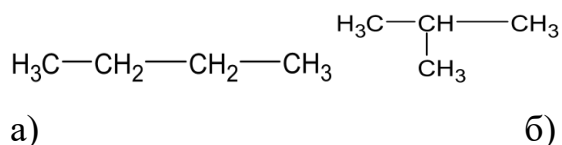


Рис. 1.2 Види структурної ізомерії на прикладі а) бутану (лінійна) та б) 2-метилпропану (розгалужена).

- Ізомерія положення кратного зв'язку – структурна ізомерія, при якій подвійний зв'язок у молекулах алкенів або алкінів займає різні положення, утворюючи ізомери з однаковою формулою, але різною будовою. Приклад: бут-1-ен ($\text{CH}_3=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$) і бут-2-ен ($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$) [21];

- Ізомерія за положенням функціональної групи – різновид структурної ізомерії, де сполуки з однаковою формулою відрізняються положенням функціональної групи або належать до різних класів (Рис. 1.3) [27]:

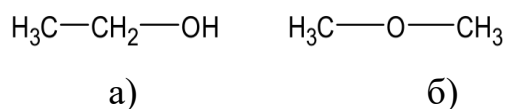


Рис. 1.3 Ізомерія за положенням функціональної групи на прикладі а) етанолу та б) диметилового ефіру.

Міжкласова ізомерія (метамерія) – це різновид структурної ізомерії, що виникає через різне розташування алкільних груп по обидва боки функціональної групи. Вона характерна для сполук із двовалентними атомами, зокрема Оксигеном у простих ефірах, де змінюється будова алкільних радикалів, приєднаних до атома Оксигену (Рис. 1.4) [27]:

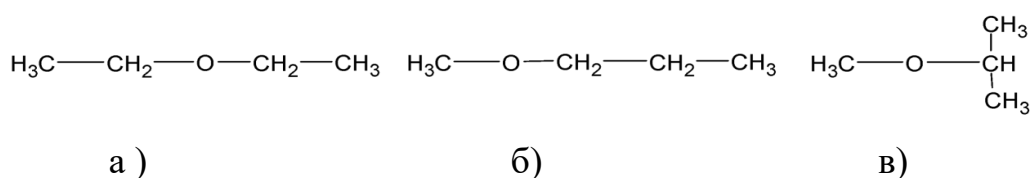


Рис. 1.4 Міжкласова ізомерія на прикладі а) диетилового етеру, б) 1-метилоксипропану та в) 2-метоксипропан.

Просторова ізомерія – це вид ізомерії, при якому молекули мають однаковий склад і порядок зв'язків, але відрізняються просторовим розташуванням атомів або груп відносно ланцюга. Вона поділяється на геометричну та оптичну ізомерію [13, с. 174].

Геометрична ізомерія виникає тоді, коли структура зв'язків незмінна, але просторове розташування замісників біля подвійного зв'язку чи площини циклу різняться. Такі ізомери належать до конфігураційних і позначаються стереодескрипторами Z та E за IUPAC. [21, с. 156].

Прикладами конформаційних ізомерів є цис- і транс- бут-2-ени (Рис.1.5):

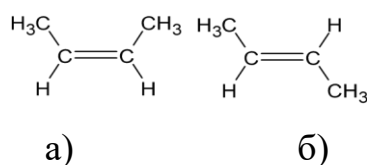


Рис. 1.5 Геометрична ізомерія на прикладі а) цис-бут-2-ен і б) транс-бут-2-ен.

Оптична ізомерія – це різновид просторової ізомерії, за якого молекули з однаковим порядком зв'язків утворюють несуміщені дзеркальні образи, які не можна сумістити обертанням (енантіомери) [28]. Вона поділяється на два види:

- Конформаційна (поворотна ізомерія) – виникає через вільне обертання навколо одинарного С–С зв'язку. Це обертання призводить до утворення різних просторових форм молекул, які називають конформерами. (Рис. 1.6) [9, с. 11];

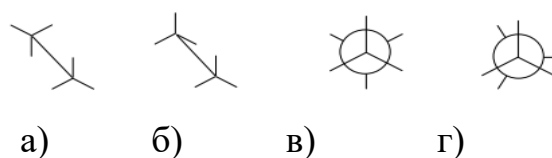


Рис. 1.6. Конформер: а) загальмована форма; б) затінена форма; в) загальмована форма (формула Ньюмена); г) затінена форма (формула Ньюмена) [16, с. 46].

Прикладом конформаційної ізомерії є циклогексан. Хоч його спершу зображали як шестикутник, така форма енергетично не вигідна. Насправді циклогексан переважно існує у двох стабільних конформаціях, що різняться просторовою будовою та енергією (Рис. 1.7):

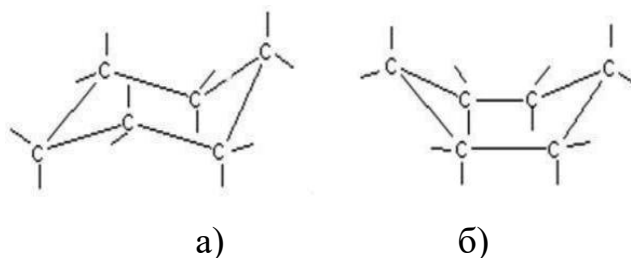


Рис. 1.7. Конформер, проекції М. Ньюмена: а) загальмована форма; б) затінена форма [29].

- Конфігураційна – зумовлюється наявністю в молекулі асиметричних атомів Карбону [12, с. 173].

Отже, ізомерія є загальною властивістю більшості органічних сполук. Для її глибшого розуміння доцільно розглянути прояви різних типів ізомерії у представників класів органічних речовин – алканів, циклоалканів, алкенів, алкадієнів, алкінів та аренів.

Алкани – насичені вуглеводні, що складаються лише з атомів вуглецю та водню з одинарними зв'язками. Їхній ланцюг може бути прямим або розгалуженим, що визначає будову та фізичні властивості молекули.

Молекули алканів можуть відрізнятися будовою ланцюга, розташуванням атомів або груп та просторовою конфігурацією при обертанні навколо σ -зв'язків, тому для них характерні різні типи ізомерії [20, с. 43].

Зокрема, серед алканів спостерігається:

- Структурна ізомерія: полягає у різному з'єднанні атомів Карбону в молекулі. Наприклад, для C_5H_{12} відомі три ізомери: один із ланцюгом без розгалужень і два з розгалуженою будовою (Рис. 1.8):

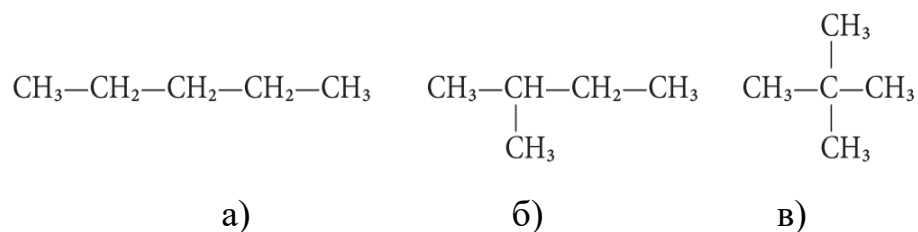


Рис. 1.8. Ізомерія карбонового ланцюга на прикладі алканів складу C_5H_{12} : а) н-пентан – нерозгалужена ; б) 2-метилбутан – розгалужена; в) 2,2-диметилпропан – розгалужена [4, с. 9].

- Конформаційна ізомерія: зумовлена обертанням навколо σ -зв'язків [20, с. 48].

Циклоалкани – насичені вуглеводні з атомами Карбону, сполученими в замкнений ланцюг. Вони містять лише одинарні σ -зв'язки і за властивостями подібні до алканів, відрізняючись лише циклічною структурою.

Для циклоалканів характерні два основні типи ізомерії:

- Структурна ізомерія;
- Міжкласова ізомерія – проявляється між циклоалканами та алкенами з однаковим складом, але різним класом сполук. Метамери відрізняються властивостями через належність до різних типів вуглеводнів [3, с. 10].

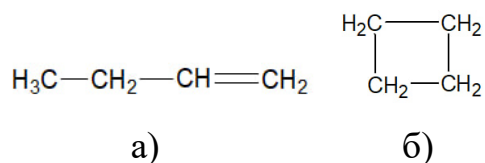


Рис. 1.9. Міжкласова ізомерія сполук складу C_4H_8 : а) бут-1-ен; б) циклобутан.

Алкени – вуглеводні з одним подвійним зв'язком ($\text{C}=\text{C}$). Ізомерія ненасичених вуглеводнів існує трьох видів:

- Структурна ізомерія залежить від розгалуження ланцюга та положення подвійного зв'язку (Рис. 1.10). Через це кількість структурних ізомерів алкенів значно більша, ніж алканів.

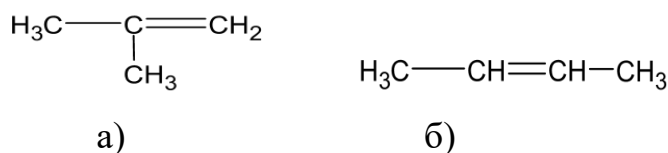


Рис. 1.10. Структурна ізомерія ненасичених вуглеводнів: а) 2-метилпропен; б) бут-2-ен.

- Ізомерія положення подвійного зв'язку в карбоновому ланцюзі – полягає в різному розташуванні подвійного зв'язку в молекулі, що утворює ізомери з однаковою формулою, але різними фізичними та хімічними властивостями.

- Геометрична або цис-транс ізомерія – існують два типи: цис-ізомер, коли замісники знаходяться по один бік подвійного зв'язку, та транс-ізомер, коли по різні сторони [16, с. 115]

Цис-транс ізомерія виникає за наявності різних атомів або груп на кінцях подвійного зв'язку. Обмежене обертання фіксує їх положення, утворюючи дві конфігурації — цис і транс. Якщо ж при кожному атомі карбону однакові замісники, така ізомерія не можлива (Рис. 1.11.).

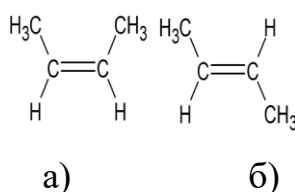


Рис. 1.11. Цис–транс-ізомерія на прикладі бут-2-ену: а) цис-бут-2-ен; б) Транс-бут-2-ен.

У транс-конфігурації карбоновий ланцюг є лінійнішим, тоді як у цис-зігнутим. Цис-транс ізомерія можлива лише за обмеженого обертання навколо подвійного зв'язку та за умови, що кожен атом карбону при ньому має два різні замісники. Це добре ілюструє приклад пропену (Рис. 1.12.).

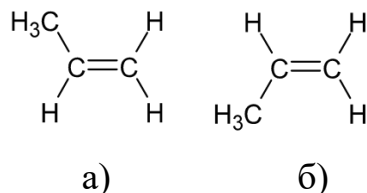


Рис. 1.12. Приклад пропену в контексті цис–транс-ізомерії: а) цис-ізомер; б) транс-ізомер.

Ці структури однакові, оскільки обертання навколо подвійного зв'язку дає ту саму формулу. Крім того, лише один атом карбону має метильну групу, тож умова різних замісників на кожному атомі подвійного зв'язку не виконана. Отже, цис-транс ізомерія не проявляється. [23].

Ізомерія ненасичених вуглеводнів визначає різноманіття їхніх структур і фізико-хімічних властивостей, що робить її ключовим аспектом органічної хімії.

Алкадієни – ненасичені аліфатичні вуглеводні з двома подвійними зв'язками в головному ланцюзі. Розглянемо типи ізомерії, характерні для цих сполук:

- Структурна: за довжиною ланцюга (Рис. 1.13); за положенням подвійних зв'язків міжкласова ізомерія алкінів [18, с. 58];

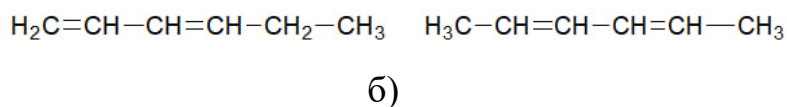
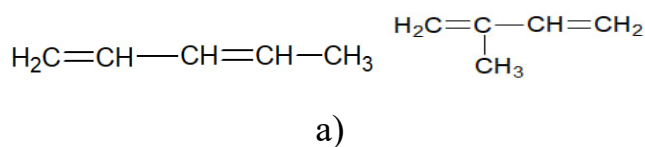


Рис. 1.13. Ізомерія алкадієнів: а) ізомерія карбонового ланцюга (пента-1,3-дієн; 2-метилбута-1,3-дієн); б) ізомерія подвійних зв'язків (гекса-1,3-дієн; гекса-2,4-дієн);

- Стереοізомерія алкадієнів обумовлена просторовим розташуванням атомів і атомних груп навколо подвійних зв'язків, що призводить до утворення цис- та транс-ізомерів (Рис. 1.14.):

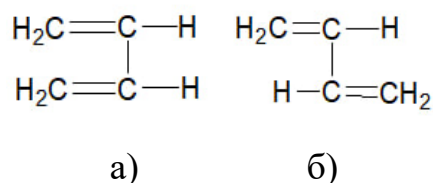


Рис. 1.14. Стереοізомерія алкадієнів 1,3-бутадієну: а) цис-ізомер; б) транс-ізомер.

Алкіни – аліфатичні вуглеводні, що містять один потрійний зв'язок між атомами карбону. Для них характерні такі види ізомерії [3, с. 115]: ізомерія карбонового скелету – різна будова ланцюга (прямий або розгалужений); ізомерія положення потрійного зв'язку – потрійний зв'язок може розташовуватися в різних положеннях ланцюга; міжкласова ізомерія – алкіни можуть бути ізомерами з алкадієнами.

Арени – карбоциклічні вуглеводні на основі бензенового кільця. Ізомерія аренів зумовлена структурними відмінностями та поділяється на два основні типи [2, с. 47]:

- Структурна ізомерія: різна будова бічних ланцюгів. Наприклад, ізопропілбензен і пропілбензен відрізняються положенням групи у ланцюзі (Рис. 1.15.).

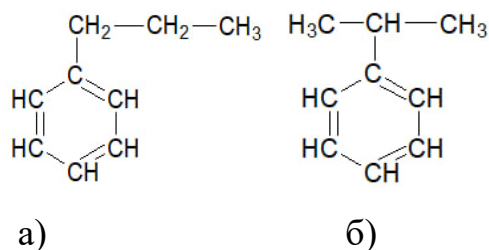


Рис. 1.15. Структурна ізомерія: а) пропілбензен; б) ізопропілбензен.

- Просторова ізомерія: виникає через різне розташування замісників у бензольному кільці. Наприклад, ксилен має три ізомери, що відрізняються положенням метильних груп (Рис. 1.16.).

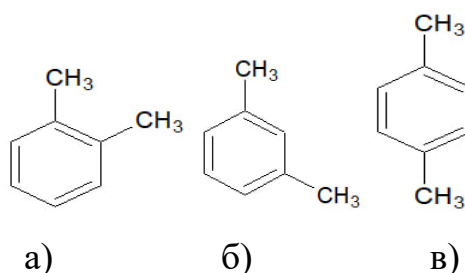


Рис. 1.16. Просторова (цис–транс) ізомерія ксилолу: а) о-ксилол; б) м-ксилол; в) п-ксилол.

Ізомерія – важлива властивість органічних сполук, що проявляється у різних класах вуглеводнів. Вона поділяється на структурну, просторову та міжкласову і визначає будову та властивості молекул. У рамках нашої роботи досліджується ізомерія вуглеводнів із використанням 3D-моделей як наочного навчального засобу.

1.2 Методика викладання теми «Вуглеводні»

Методичний підхід до викладання теми «Вуглеводні» передбачає від учителя ретельну роботу з теоретичними аспектами на основі сучасних фактологічних даних. Учні формують ключові поняття: класифікацію та хімічні властивості вуглеводнів залежно від типу зв'язку та будови ланцюга, а також розмежовують гомологи й ізомери, типи та механізми реакцій, мономери й структурні ланцюги, структурну та просторову ізомерію.

Вивчення розділу «Насичені вуглеводні» здійснюється двома шляхами: через опрацювання теоретичних питань та ознайомлення з фактичними відомостями про речовини. Учні часто помилково уявляють електрони як кульки та ігнорують їх хвильову природу, а тетраедричне розташування

валентних електронних хмар поширюють і на вільні атоми вуглецю, ускладнюючи розуміння структури молекул. [11, с. 78].

Вивчення розділу «Ненасичені вуглеводні» передбачає закріплення основ теорії хімічної будови та освоєння понять, пов'язаних із кратними зв'язками і їхнім впливом на властивості органічних сполук. Основна складність полягає у поєднанні уявлень про низько- та високомолекулярну хімію, що ускладнює проведення порівнянь і аналогій [11, с. 78].

У розділі «Ароматичні вуглеводні» учні повинні зрозуміти поняття ароматичності та особливості електронної будови бензену. Основна складність полягає в порівнянні ароматичних і інших вуглеводнів, що потребує високого рівня аналітичного мислення та розуміння специфіки їх хімічної будови [11, с. 78].

О.В. Капустяном виділено основні труднощі при вивченні ароматичних вуглеводнів: учні часто вважають, що бензол містить три подвійні зв'язки, помилково відносять стирол до його гомологів і не завжди чітко розрізняють хімічні реакції за характером і значенням, що ускладнює формування системних знань з органічної хімії [12, с. 78].

На думку О. Нетрибійчук, важливо формувати в учнів усвідомлену зацікавленість і відчуття компетентності протягом усього уроку. Сучасні технології, зокрема SMART-освіта зі смартфонами, планшетами та інтерактивними дошками, підсилюють мотивацію, розвивають компетентності й полегшують використання інноваційних засобів, зокрема 3D-моделей молекул [19, с. 2].

У цифрову епоху та в умовах війни навчання дедалі частіше відбувається дистанційно, тому застосування сучасних технологій стає особливо важливим. Для багатьох учнів основним засобом участі у навчанні є мобільний телефон. Використання мобільних додатків із 3D-моделями дозволяє максимально візуалізувати навчальні об'єкти та підвищує якість засвоєння матеріалу [1, с. 77].

Застосування цієї технології на уроках хімії дозволяє вчителям оперативно, зрозуміло та наочно пояснювати великий обсяг теоретичного матеріалу, а учням – ефективно його засвоювати та одночасно розвивати просторове мислення.

Мультимедіа дає змогу подати навчальний матеріал через графіку, фото, відео, анімацію та звук [22, с. 59]. За Л. Кохановською, його застосування активізує навчальну діяльність, підвищує мотивацію учнів, урізноманітнює форми подання інформації та забезпечує зворотний зв'язок [15, 8].

Л. Кохановська підкреслює, що мультимедійні технології у викладанні хімії дозволяють наочно ілюструвати теоретичний матеріал, полегшують пояснення та допомагають учням уявити хімічні процеси, сприяючи активізації їх пізнавальної діяльності [15, 8].

Л. Величко відзначає, що 3D-моделювання на уроках допомагає учням формувати уявлення про об'єкти, візуалізувати їх і закріплювати процес перетворення двовимірного зображення у тривимірне і навпаки. [4, с. 12]

Виходячи із вищезазначеного, можна зробити висновок, що використання електронних засобів навчання, зокрема 3D-моделей, значно спрощує освітній процес, урізноманітнює способи подання матеріалу та стимулює пізнавальний інтерес учнів.

1.3 3D моделі молекул.

Сучасна освіта активно інтегрує новітні технології, що зумовлює зміну цілей і завдань навчального процесу. Водночас центральною цінністю залишається учень. Тому вчителі хімії, прагнучи розвивати здібності школярів, широко застосовують методи, спрямовані на формування візуального сприйняття, оскільки такий підхід істотно підвищує ефективність опанування навчального матеріалу [11, 78].

Для розвитку візуального сприйняття учнів застосовують 3D-моделі молекул. Сучасні програми дозволяють наочно відтворювати будову атомів і молекул, що підвищує ефективність навчання в оновленій програмі з хімії. [19, с. 33].

На сьогодні доступна значна кількість сучасних хімічних редакторів і програм для створення тривимірних моделей молекул, які вчитель хімії може ефективно застосовувати на уроках. Серед найпоширеніших:

- Avogadro (FreeWare) – багатоплатформний молекулярний редактор, що використовується для моделювання молекул, біоінформатики та 3D-візуалізації.
- ChemSite (FreeWare) – програма для тривимірної візуалізації молекул з інтуїтивним інтерфейсом і бібліотекою функціональних груп, амінокислот, нуклеїнових кислот і вуглеводів.
- CrystalMaker v2.3.0 (CrystalMaker) – програма для візуалізації, інструмент для перегляду й аналізу кристалічних і молекулярних структур з розширеними можливостями анімації та 3D-відтворення.
- ISIS Draw – безкоштовний редактор структурних формул із функцією переходу до тривимірного зображення створених молекул [14, с. 210].

У нашому випадку 3D-моделі застосовуються для підвищення результативності навчання органічної хімії, адже вони дозволяють наочно показати учням просторову будову молекул. Така візуалізація допомагає глибше усвідомити взаємозв'язок між структурою молекул і їхніми властивостями.

Учитель хімії може використовувати 3D-моделі не лише на уроці, демонструючи хімічні об'єкти й процеси, а й пропонувати учням застосовувати їх у домашніх завданнях. Тривимірна візуалізація урізноманітнює навчання, активізує пізнавальну діяльність, формує стійкий інтерес до хімії та підвищує мотивацію учнів [17, с. 86].

Перехід від 2D-моделей до 3D-моделей став необхідним через труднощі у сприйнятті інформації. Багато учнів, які переважно належать до типу візуалів, краще розуміють і запам'ятовують інформацію, коли бачать об'єкт у наочній формі, а не намагаються уявити його за плоским зображенням, словесним поясненням чи текстом підручника [1, с. 29].

Використання 3D-моделей молекул у навчанні підвищує інтерес і пізнавальну активність учнів, поглиблює розуміння будови зв'язків і механізмів реакцій, підвищує наочність, економить час і сприяє ефективному засвоєнню знань [19, с. 31].

Отже, використання 3D-моделей на уроках хімії дозволяє вчителю оперативно й наочно подати теоретичний матеріал, що помітно підвищує якість його засвоєння. Така форма візуалізації не лише полегшує розуміння ключових хімічних понять, а й сприяє розвитку цифрової грамотності учнів, яка є невід'ємною вимогою сучасного освітнього простору.

Висновок до розділу 1

Узагальнення вище викладеного дає підстави для формування таких висновків:

1. Ізомерія є фундаментальною властивістю органічних сполук, яка проявляється у всіх класах вуглеводнів і визначає різноманіття їхньої будови та фізико-хімічних властивостей.
2. Виділяють основні типи ізомерії: структурну, просторову (стерео) та міжкласову, кожна з яких має свої підвиди, що демонструються на прикладі алканів, циклоалканів, алкенів, алкадієнів, алкінів та аренів.
3. Структурна ізомерія зумовлюється різним порядком з'єднання атомів у молекулі (ланцюгова, положення кратного зв'язку, положення функціональної групи, міжкласова), тоді як просторові види ізомерії обумовлені різним просторовим розташуванням атомів або груп атомів.

4. Розуміння ізомерії дозволяє пояснити відмінності у властивостях ізомерів та демонструє взаємозв'язок між структурою молекули та її хімічною поведінкою.

5. Для підвищення ефективності засвоєння матеріалу важливим є використання наочних методів навчання, зокрема 3D-моделей молекул, які дозволяють наочно демонструвати просторову будову та різні види ізомерії.

6. Використання 3D-моделювання на уроках хімії сприяє розвитку просторової уяви учнів, покращує сприйняття складних понять, активізує пізнавальну діяльність та підвищує мотивацію до навчання.

Таким чином, основною метою нашого дослідження є створення навчальних уроків з використанням 3D-моделей молекул для ефективного засвоєння теми «Вуглеводні» у 10 класі (профільний рівень).

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ УРОКІВ З ЕЛЕМЕНТАМИ ВИКОРИСТАННЯ 3D МОДЕЛЕЙ МОЛЕКУЛ

2.1 Розробка уроків до теми вуглеводні.

Застосування 3D-моделей молекул при вивченні органічної хімії може суттєво полегшити процес засвоєння матеріалу учнями. Оскільки більшість учнів краще сприймають інформацію візуально, використання 3D-моделей сприяє глибшому розумінню просторової структури хімічних сполук і хімічних процесів.

Такий підхід можна ефективно використовувати на різних типах і етапах уроку:

- урок засвоєння нових знань – використання 3D-моделей є особливо ефективним для пояснення структурних особливостей вуглеводнів. Це допомагає учням краще розуміти різницю між класами сполук, їхню просторову будову та типи зв'язків, водночас підвищуючи зацікавленість і мотивацію до навчання;
- урок формування умінь і навичок та урок застосування знань, умінь і навичок – 3D-моделі доцільно використовувати під час практичних завдань: побудови структур молекул, визначення типів ізомерії чи моделювання просторових змін. Це підсилює логічне мислення учнів і формує чітке уявлення про геометрію молекул;
- урок перевірки і корекції знань, умінь і навичок – можна застосовувати проблемні ситуації або тестові завдання з 3D-моделями для аналізу будови молекул і виявлення закономірностей, що дозволяє глибше перевірити розуміння матеріалу учнями;
- комбінований урок – дозволяє поєднувати різні методи навчання: пояснення, виконання завдань, аналіз ситуацій – і інтегрувати 3D-моделі на будь-якому етапі уроку для підвищення ефективності та наочності.

- дидактичні картки – служить ефективним засобом закріплення знань та розвитку практичних умінь, пропонуючи завдання різного рівня складності – від визначення типу хімічного зв'язку до побудови 3D-моделі молекули;
- опорний конспект – систематизує знання та роботу з 3D-моделями: учні відображають будову молекул, типи зв'язків, приклади ізомерів і роблять висновки про вплив структури на властивості. Конспект використовується для повторення та підготовки до контролю.

Обов'язково під час створення методичних матеріалів для уроків використовувався календарно-тематичний план, складений відповідно до навчальної програми з хімії для 10 класу профільного рівня (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Фрагмент календарно-тематичного планування з тем за 10 клас
профільного рівня

Тема 2. Вуглеводні (32 год)				
№ з/п	Дата	Зміст уроку	Демонстрації	Примітки
		Класифікація вуглеводнів. Алкани. Метан. Хімічна, електронна, просторова будова молекули. - Гібридизація електронних орбіталей атома Карбону. Основні характеристики ковалентного зв'язку: довжина, енергія, полярність, просторова напрямленість. Гомолітичне та гетеролітичне розривання ковалентного зв'язку.	Визначення якісного складу метану за продуктами згорання.	Дидактичний матеріал 3D моделі молекул
		Гомологічний ряд метану: фізичні властивості гомологів, залежність фізичних властивостей від складу та хімічної будови молекул;	Моделі молекул вуглеводнів та їхніх галогенопохідних (у тому числі	Дидактичний матеріал 3D моделі молекул

		загальна формула алканів. Просторова будова насичених вуглеводнів.	3D-проекування).	
		Структурна ізомерія алканів. Поняття про конформації. Систематична номенклатура. <i>Навчальні проекти</i> 1.Що таке "українські числа"? Передбачення числа ізомерів вуглеводнів.		Дидактичний матеріал 3D моделі молекул.
		Циклоалкани, їхній склад, будова, ізомерія. Поняття про конформації циклогексану. Залежність властивостей циклоalkanів від будови циклів. Добування і застосування циклоalkanів.		Дидактичний матеріал 3D моделі молекул.
		Алкени. Етен. Хімічна, електронна, просторова будова молекули. - Гібридизація електронних орбіталей атома Карбону. Подвійний карбон-карбонів зв'язок, - та - зв'язки.		Дидактичний матеріал 3D моделі молекул.
		Гомологічний ряд етену, загальна формула алкенів. Фізичні властивості. Структурна і просторова (цис-транс-) ізомерія, номенклатура алкенів.		Дидактичний матеріал 3D моделі молекул.
		Алкадієни. Будова молекул алкадієнів зі спряженими зв'язками. Хімічні властивості: окиснення, приєднання, полімеризація		Дидактичний матеріал 3D моделі молекул.
		Алкини. Етин. Хімічна, електронна, просторова будова молекули. -		Дидактичний матеріал 3D моделі молекул.

		Гібридизація електронних орбіталей атома Карбону. Потрійний карбон-карбоновий зв'язок.		
		Гомологічний ряд етину, загальна формула алкінів. Фізичні властивості, ізомерія, номенклатура алкінів.		Дидактичний матеріал 3D моделі молекул.
		Арени. Бензен, його склад, хімічна, електронна, просторова будова молекули, фізичні властивості.	Бензен (толуен) як розчинник.	Дидактичний матеріал 3D моделі молекул.

Застосування 3D-моделей молекул підвищує зацікавленість учнів і полегшує засвоєння, запам'ятовування та практичне використання хімічного матеріалу. Тому було розроблено навчально-методичний комплекс, що включає уроки з елементами 3D-моделювання, учнівський конспект та дидактичні картки для ефективного використання на різних етапах і типах уроків хімії.

Для створення 3D моделей молекул у рамках зазначених уроків було використано додаток *KingDraw Chemical Structure Editor*. У плані-конспекті уроку 3D моделі застосовувалися як під час пояснення нового матеріалу, так і у формі завдань на закріплення й практичне застосування знань.

2.2 Власні розробки навчально-методичного комплексу

План-конспект уроку передбачає засвоєння нових знань із використанням 3D моделей, що сприяє кращому засвоєнню теоретичних основ теми:

Тема: Гомологічний ряд метану: фізичні властивості гомологів, залежність фізичних властивостей від складу та хімічної будови молекул; загальна формула алканів. Просторова будова насичених вуглеводнів. (10 клас)

Мета дидактична: ознайомитись з гомологічним рядом метану та загальною формулою алканів; сформувані поняття про залежність фізичних властивостей насичених вуглеводнів від складу, молекулярної маси та будови молекул; формувати вміння й навички аналізувати структуру і просторову будову алканів допомогою 3D-моделей молекул.

Мета розвивальна: розвивати логічне, критичне й просторове мислення, увагу, уяву, вміння порівнювати й робити висновки; навички роботи з 3D-моделями молекул, узагальнення й систематизації знань.

Мета виховна: виховувати інтерес до хімії, виховувати культуру запису конспекту; виховувати посидючість на уроці, самостійність, цілеспрямованість.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: підручник (Величко, 2018), телефони з доступом до інтернету, дидактичні картки із завданнями, QR-код з 3D-моделями

Хід уроку:

I. Організаційний етап. (2 хв.)

II. Перевірка д/з. Актуалізація опорних знань. (6 хв.)

Використання роздаткового матеріалу: дидактичні картки із завданням. Учні працюють із дидактичною карткою, розглядають 3D-зображення молекули метану, письмово в зошиті відповідають на запитання.



Рис. 2.1. Дидактична картка учнів

III. Повідомлення теми і мети уроку. Мотивація. (2 хв.)

Сьогодні ми дізнаємося, що таке гомологічний ряд метану, як його молекули відрізняються за будовою та масою, як просторове розташування атомів впливає на властивості речовин, і які закономірності можна виявити у фізичних характеристиках насичених вуглеводнів.

IV. Пояснення нового матеріалу. (20 хв.)

1. Будова молекул.

Ці сполуки містять лише атоми Карбону й Гідрогену, всі валентності Карбону задоволені зв'язками з Гідрогеном та іншими атомами Карбону, тому їх називають насиченими вуглеводнями або алканами. Загальна формула алканів – C_nH_{2n+2} , що дозволяє визначити формулу будь-якого представника. Перші чотири алкани мають традиційні назви: метан, етан, пропан, бутан; від пентану назви формуються від числівників із суфіксом -ан.

У молекулах алканів, як і в метані, валентні електрони атомів Карбону перебувають у стані sp^3 -гібридизації. Гібридні орбіталі перекриваються одна з одною та з s-орбіталами атомів Гідрогену, утворюючи σ -зв'язки (Рис. 2.9.). Довжина зв'язків C—C становить 0,154 нм, а їхня енергія – 348 кДж/моль.

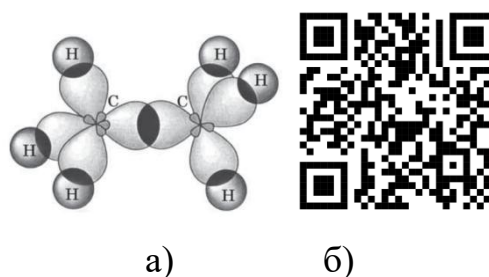


Рис. 2.2. Схема утворення σ -зв'язків у молекулі етану: а) σ -зв'язки між атомами Карбону та Гідрогену [5]; б) 3д модель молекули етану.

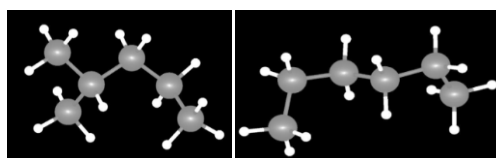
Найпростіший алкан – метан, у якому атом Карбону утворює чотири однакові σ -зв'язки з Гідрогеном, розташовані тетраедрично під кутом $\approx 109,5^\circ$, що робить молекулу симетричною. Більші алкани також мають тетраедрично орієнтовані атоми Карбону, з'єднані σ -зв'язками в зігнутий «змієподібний» ланцюг (Табл 2.2.).

Таблиця 2.2.

Характеристики алканів

Назва алкану	Формула		Температура		Густина г/см ³
	молекулярна	3д	плавлення	кипіння	
Метан	CH ₄		-182	-162	
Етан	C ₂ H ₆		-183	-89	
Пропан	C ₃ H ₈		-188	-42	
Бутан	C ₄ H ₁₀		-138	-0,5	
Пентан	C ₅ H ₁₂		-130	36	0,63
Гексан	C ₆ H ₁₄		-95	69	0,66
Гептан	C ₇ H ₁₆		-91	98	0,68
Октан	C ₈ H ₁₈		-57	126	0,70
Нонан	C ₉ H ₂₀		-51	151	0,72
Декан	C ₁₀ H ₂₂		-30	174	0,73

Атоми Карбону можуть з'єднуватися між собою: у прямі ланцюги – наприклад, н-гексан; у розгалужені (Рис. 2.3):



а)

б)

Рис. 2.3. Просторове розташування ланцюга: а) 2-метилпентан; б) н-гексан

Прямі та розгалужені алкани мають тетраедричну будову і σ -зв'язки, навколо яких можливе вільне обертання груп атомів, що формує різні конформації молекул. Наприклад, у пентані (C_5H_{12}) ланцюг Карбону може набувати різної просторової форми: зигзагоподібну – атоми максимально віддалені; нерегулярну – атоми розташовані без певного порядку; клешнеподібну – частини ланцюга «згинаються» назустріч одна одній (Рис. 2.4):

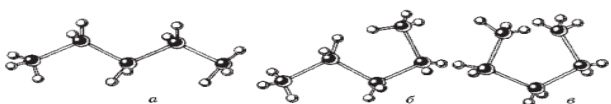


Рис. 2.4. Форми молекули пентану: а) зигзагоподібна; б) нерегулярна; в) клешнеподібна [5, с. 27]

Енергетично найвигіднішою є зигзагоподібна конформація, саме тому її часто зображають у структурних формулах алканів.

2. Фізичні властивості гомологів. Залежність від складу і будови молекул.

Фізичні властивості речовин (стан, колір, запах, температури плавлення та кипіння, густина, розчинність) залежать від будови й домішок. Органічні сполуки утворюють молекулярні кристали з низькими температурами фазових переходів, йонні – з міцнішими зв'язками. У алканів з ростом числа атомів Карбону зростають температури плавлення та кипіння: перші чотири – гази, пентан–гептадекан – рідини, від 18 атомів – тверді речовини. Нерозгалужені алкани киплять вище ізомерів через щільніше пакування молекул.

V. Виконання завдань (9 хв.)

Вправа: Дослідження молекули метану за 3D моделлю.

Перейдіть за QR-кодом, щоб відкрити 3D модель молекули метану та етану. Спостерігайте рух атомів та просторову будову молекули.



Метан Етан

Виконайте спостереження та аналіз:

- Визначте, скільки електронів бере участь у ковалентних зв'язках C–H.
- Порівняйте рух атомів у GIF з уявленням просторової будови етану (C_2H_6). Зробіть висновок про вплив кількості атомів Карбону на геометрію молекули. Поясніть напрямленість σ -зв'язків і чому молекула метану є неполярною.
- Зверніть увагу на просторове розташування атомів і форму молекули.

VI. Підведення підсумків. Оцінювання роботи учнів. (5 хв.)

VII. Повідомлення домашнього завдання. (1 хв.)

Аналіз плану-конспекту уроку засвідчує, що поєднання теорії з 3D-моделями ефективно формує уявлення про будову алканів. Вивчення гомологічного ряду метану показує залежність властивостей від складу, маси та просторової будови, систематизує знання про ланцюги Карбону. 3D-моделі демонструють тетраедричну геометрію й обертання σ -зв'язків, а інтерактивні вправи з QR-кодами розвивають просторове мислення та аналітичні навички.

3D-моделі молекул ефективні не лише на уроках засвоєння нових знань, а й на інших типах занять (Додаток А). Вони інтегруються у практичні завдання, аналіз ізомерії та просторового розташування атомів, розвиваючи логічне мислення та формуючи уявлення про молекулярну геометрію. На уроках перевірки знань моделі використовують у проблемних завданнях і тестах, а на комбінованих уроках вони підвищують наочність, активізують пізнавальну діяльність і полегшують засвоєння складних понять.

При вивченні теми «Алкени» важливо забезпечити учнів наочними та структурованими матеріалами для формування цілісного уявлення про будову й властивості ненасичених вуглеводнів. Ефективним засобом є опорний конспект, який систематизує знання, активізує пізнавальну діяльність і полегшує відтворення основних понять у подальшому навчанні. Матеріал може застосовуватися як дидактичний супровід під час пояснення нового матеріалу, так і як роздатковий засіб для організації самостійної роботи учнів (Додаток Б).

Роботу з 3D-моделями доцільно поєднувати з дидактичними картками для закріплення просторових уявлень, систематизації понять і відпрацювання практичних навичок. Завдання включають визначення формул, типів зв'язків, аналіз будови молекул. Наступний блок – «Ізомерія, номенклатура алканів, алкенів, алкінів та типи хімічних зв'язків» (Рис. 2.5.).

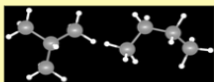
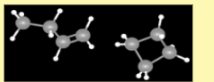
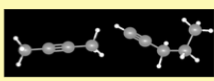
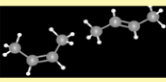
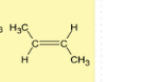
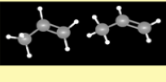
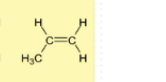
ТЕМА: ІЗОМЕРІЯ АЛКАНІВ, АЛКЕНІВ, АЛКІНІВ	
ЗАВДАННЯ № 1	ЗАВДАННЯ № 2
• Розглянь 3D-моделі кожної пари сполук і визнач тип ізомерії. а)   б)   в)  	• Перегляньте 3D-моделі: а)     б)     • Визначте: для якої сполуки цис- і транс-ізомери дійсно існують, а для якої — вони неможливі. Поясніть чому.

Рис. 2.5. Дидактична картка для опрацювання теми «Ізомерія, номенклатура алканів, алкенів, алкінів. Типи хімічних зв'язків».

3D-моделі наочно демонструють будову молекул, а картки систематизують поняття та розвивають практичні навички. Завдання різного рівня формують цілісне уявлення про органічні сполуки та підвищують самостійність учнів. Інтеграція карток із 3D-візуалізацією (Додаток В) робить навчання більш наочним, структурованим і ефективним.

Висновок до розділу 2

Застосування 3D-моделей у вивченні органічної хімії значно полегшує засвоєння матеріалу учнями. Саме тому було розроблено уроки з використанням 3D-моделювання на різних етапах та типах уроків. На етапі засвоєння нового матеріалу моделі наочно демонструють просторову будову молекул та особливості хімічних зв'язків. Під час формування та застосування умінь вони ефективно доповнюють практичні завдання, допомагаючи аналізувати структури, моделювати просторові конфігурації та виявляти закономірності. Для перевірки знань 3D-моделі створюють ситуації, що потребують глибокого осмислення матеріалу та роботи з об'єктами різного рівня складності.

Комбіновані уроки дозволяють гнучко інтегрувати тривимірні засоби на будь-якому етапі, підвищуючи логіку та наочність викладу. Поєднання 3D-візуалізацій із дидактичними картками формує цілісну систему навчання, що одночасно розвиває просторові уявлення, ключові поняття та практичні навички побудови структур. Такий підхід сприяє систематизації знань і підвищує ефективність самостійної роботи учнів.

Отже, розроблений комплекс уроків і дидактичних матеріалів підтверджує, що використання 3D-моделей активізує пізнавальну діяльність, формує просторове мислення та підвищує якість засвоєння знань з органічної хімії на профільному рівні.

ВИСНОВКИ

Теоретичне та практичне дослідження застосування 3D-моделей молекул на уроках хімії дозволило сформулювати такі висновки:

1. Ізомерія є ключовою властивістю органічних сполук, що визначає різноманіття їхньої будови та фізико-хімічних характеристик. Основні її типи – структурна, просторова (стерео) та міжкласова – мають різні підвиди, які наочно демонструються на прикладі різних класів вуглеводнів.

2. Структурна ізомерія зумовлена різним порядком з'єднання атомів у молекулі, тоді як просторові види ізомерії (геометрична та оптична) виникають через різне просторове розташування атомів або груп атомів. Розуміння ізомерії дозволяє пояснити відмінності у властивостях ізомерів та взаємозв'язок між будовою молекули й її хімічною активністю.

3. Використання 3D-моделей на уроках підвищує наочність матеріалу, сприяє розвитку просторової уяви учнів, покращує сприйняття складних понять, активізує пізнавальну діяльність і стимулює мотивацію до навчання.

4. Інтеграція 3D-моделювання на різних типах уроків (засвоєння нового матеріалу, формування та застосування умінь, перевірка знань), а також у опорних конспектах і дидактичних картках, дозволяє учням аналізувати структури молекул, моделювати просторові конфігурації, встановлювати закономірності та розвивати критичне мислення.

5. Поєднання 3D-візуалізацій із дидактичними матеріалами створює цілісну систему навчання, яка сприяє систематизації знань, формуванню ключових компетентностей і підвищує ефективність самостійної роботи учнів.

6. Розроблений комплекс уроків і дидактичних матеріалів демонструє, що інтеграція тривимірних моделей у навчальний процес

підвищує пізнавальну активність, розвиває просторове мислення та забезпечує якісне засвоєння навчального матеріалу на профільному рівні.

Таким чином, використання 3D-моделей молекул при вивченні теми «Вуглеводні» у 10 класі сприяє кращому розумінню будови молекул, підвищує наочність навчального матеріалу та стимулює розвиток просторового мислення учнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Базюк Л. В., Кузишин О. В., Мідак Л. Я. Використання технологій доповненої реальності під час навчання шкільного курсу хімії 11 класу. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія «Теорія та методика навчання природничих наук»*. 2021. Вип. 1. С. 74–93.
2. Березан О. В. *Органічна хімія : навч. посіб.* 3-тє вид., зі змін. і доп. Тернопіль, 2020. 208 с.
3. Біоорганічна хімія : навч.-метод. посіб. / уклад. Г. В. Різак ; рец.: С. Ю. Чундак, Л. М. Фельбаба-Клушина, С. В. Галла-Бобик. Ужгород, 2024. 667 с.
4. Величко Л. Методологічні знання в шкільному курсі хімії. *Педагогічна преса: Біологія і хімія в школі*. 2011. Вип. 5. С. 8–13.
5. Величко Л. П. *Хімія : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти : профіл. рівень*. Київ, 2018. 296 с.
6. Домбровський А. В., Найдан В. М. *Органічна хімія : навч. посібн.* Київ : Вища шк., 1992. 504 с..
7. Величко Л. Методологічні знання в шкільному курсі хімії. *Педагогічна преса : Біологія і хімія в школі*. 2011. Вип. 5. С. 8–13.
8. Величко Л. П. *Хімія : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти : профіл. рівень*. Київ, 2018. 296 с.
9. Голодаєва О.А., Форостовська Т.О., Юзефович Р.В. Проблеми викладання конформаційного аналізу під час підготовки майбутніх вчителів хімії. *Актуальні питання підготовки майбутнього вчителя хімії: теорія і практика : матеріали наук.- практ. інтернет-конф. (25-27 березня 2015 р.)*. С. 204.

10. Домбровський А. В., Найдан В. М. Органічна хімія: навч. Посібн. – К. : Вища шк., 1992. – 504 с.
11. Капустян О. В. Особливості методики викладання теми «Вуглеводні» в шкільному курсі хімії. *VIII Менделєєвські читання* : матеріали наук.-практич. конф. з міжнародною участю. (м. Полтава, 19 березня 2015 р.). С. 164
12. Капустян О.В., Самусенко Ю.В. Методика викладання теми «Вуглеводні» в сучасній школі. Зб. наук. праць / за ред. кол., головн. ред. В. Р. Ільченко. Полтава, 2015. Вип. 7. С. 348
13. Коритнюк Р. С., Давтян Л. Л., Дроздова А. О., Наумова М. І., Оліфірова Т. Ф., Коритнюк М. О. Вплив простої хімічної модифікації ті ізомерії активних фармацевтичних інгредієнтів на їх біодоступність. *«Міжнародні наукові інновації в житті людини»* : матеріали між нар. наук.-практ. конф. (Манчестер, 11-13 травня 2022 р.). Велика Британія, 2022. С. 810.
14. Кочубей О. В. Підготовка майбутніх учителів хімії до дистанційного навчання. *Сучасні дослідження у світовій науці. НПЦ “Sci-conf.com.ua”* : матеріали I Міжнар. наук.-практич. конф.. Львів, 2020. С. 656–663.
15. Кохановська Л. Комп’ютерна підтримка уроків хімії. Вісник для вчителів хімії. Вип. 27. С. 8 – 10.
16. Курта С. А., Лучкевич Є. Р., Матківський М. П. Хімія органічних сполук : підручник для вищих навчальних закладів. Івано-Франківськ : Прикарпат. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2013. 599 с.
17. Лактіонов О. Навчальні можливості мережі Інтернет у вивченні хімії в старшій школі : матеріали наукового зб. студентів, аспірантів і молодих вчених. Серія «Молода наука-2018». Т. 3. Запоріжжя, 2018. С. 86–87.
18. Марченко Л. І., Большаніна С. Б. Загальна та органічна хімія : конспект лекцій для студ. спец. 040106 "Екологія, охорона навколишнього

середовища та збалансоване природокористування" / каф. Загальної хімії. Ч. 2. Суми, 2014. - 105 с.

19. Нетрибійчук О. Використання ІКТ у навчанні хімії. *Нові інформаційні технології навчання*. Серія «Біологія і хімія в рідній школі». 2018. Вип. 3. С. 30-38.

20. Новіков С. Ю., Петрухін. Органічна хімія : навч. посіб. Харків, ФВП НТУ «ХП», 2017. 320 с.

21. Толмачова В.С., Сковрунська Т.П. Сучасні підходи до вивчення номенклатури геометричних ізомерів. *Актуальні питання підготовки майбутнього вчителя хімії: теорія і практика*: матеріали наук.- практ. інтернет-конф. (25-27 березня 2015 р.). С. 204.

22. Туркало М. Д. Електронні освітні ресурси для інтернет-підтримки сучасного уроку хімії в профільній школі. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2013. Т. 36, № 4. С. 57–65..

23. LibreTexts: Isomerism. URL : [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Supplemental Modules and Websites \(Inorganic Chemistry\)/Coordination Chemistry/Structure and Nomenclature of Coordination Compounds/Isomers](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Inorganic_Chemistry/Supplemental_Modules_and_Websites_(Inorganic_Chemistry)/Coordination_Chemistry/Structure_and_Nomenclature_of_Coordination_Compounds/Isomers)

24. LibreTexts. Homolytic and heterolytic cleavage. URL : [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_I_\(Liu\)/09%3A_Free_Radical_Substitution_Reaction_of_Alkanes/9.01%3A_Homolytic_and_Heterolytic_Cleavage](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_I_(Liu)/09%3A_Free_Radical_Substitution_Reaction_of_Alkanes/9.01%3A_Homolytic_and_Heterolytic_Cleavage)

25. Organic Chemistry. An open textbook. Isomerism. URL : <https://courses.lumenlearning.com/suny-potsdam-organicchemistry/chapter/1-5-isomerism/>

26. Organic Chemistry. Isomerism. URL : <https://www.compoundchem.com/2014/05/22/typesofisomerism/>

27. Structural Isomers and Its Types. Isomerism in Organic Compounds : A Brief Introduction. URL : <https://www.vedantu.com/jee-main/chemistry-structural-isomers-and-its-types>

28. Study Materials. Isomerism. URL :
<https://byjus.com/chemistry/isomerism/#:~:text=Two%20main%20forms%20of%20isomerism,positions%20of%20the%20atoms%20differ>

29. StudFiles. Conformations of cyclohexane. URL :
<https://studfile.net/preview/3718726/page:8/>

ДОДАТКИ

Додаток А

План конспект з використанням 3д-моделей типу засвоєння нових знань:

Тема: Класифікація вуглеводнів. Алкани. Метан. Хімічна, електронна, просторова будова молекули. Гібридизація електронних орбіталей атома Карбону. Основні характеристики ковалентного зв'язку: довжина, енергія, полярність, просторова напрямленість. Гомолітичне та гетеролітичне розривання ковалентного зв'язку (10 клас).

Мета дидактична: сформувати уявлення про типи ковалентних зв'язків у молекулах органічних речовин; ознайомитись з просторовою будовою молекули метану; сутністю sp^3 -гібридизації електронних орбіталей атома Карбону.

Мета розвивальна: розвивати логічне, критичне й просторове мислення, увагу, уяву; навички роботи з 3D-моделями молекул, узагальнення й систематизації знань.

Мета виховна: виховувати інтерес до хімії, виховувати культуру запису конспекту; виховувати посидючість на уроці, самостійність, цілеспрямованість.

Тип уроку: засвоєння нових знань.

Обладнання: підручник (Величко, 2018), телефони з доступом до інтернету, дидактичні картки із завданнями, QR-код з 3D-моделями

Хід уроку:

- I. Організаційний етап. (2 хв.)
- II. Перевірка д/з. Актуалізація опорних знань. (5 хв.)

Фронтальне опитування:

- Поясніть суть терміна «хімічна будова»?
- Які речовини називають органічними?
- Які хімічні елементи є головними у складі органічних сполук?

- Які основні відмінності між органічними та неорганічними речовинами?
- Перелічіть основні експериментальні й теоретичні передумови виникнення сучасної теорії будови органічних сполук.
- Сформулюйте постулати теорії будови органічних сполук.
- Які вчені зробили внесок у становленні теорії хімічної будови?

III. Повідомлення теми і мети уроку. Мотивація. (2 хв.)

Усі органічні сполуки містять Карбон, але властивості речовин залежать від з'єднання його атомів. Найпростіші – вуглеводні, зокрема метан. Сьогодні розглянемо будову молекули метану, гібридизацію орбіталей Карбону, типи ковалентних зв'язків та їх вплив на форму і властивості сполук.

IV. Пояснення нового матеріалу. (25 хв.)

1. Класифікація вуглеводнів.

Щоб впорядкувати знання про органічні сполуки, їх класифікують за ознаками, подібно до неорганічної хімії. Схема класифікації наочно показує їх поділ за ланцюгом і типом зв'язку (Рис. 2.6):

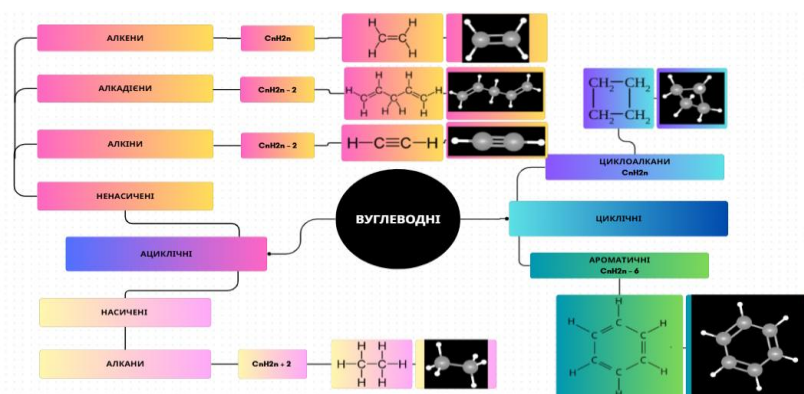


Рис. 2.6. Класифікація вуглеводнів

2. Склад і будова молекули.

Найпростішим представником групи насичених вуглеводнів є метан – типова сполука класу алканів. Молекула метану утворюється завдяки чотирьом ковалентним зв'язкам між атомом Карбону та чотирма атомами Гідрогену. Ці зв'язки спрямовані в просторі під кутами $109,5^\circ$, утворюючи

тетраедричну форму (Рис. 2.7).

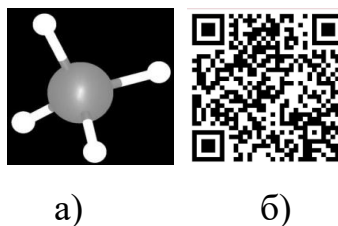


Рис. 2.7. Просторова (тетраедрична) будова молекули метану CH_4 : а) 3D-модель; б) GIF-анімація з обертанням моделі.

У метані всі чотири зв'язки C—H однакові. У звичайного атома Карбону лише два неспарені електрони, тому один електрон із $2s$ переходить на вільну $2p$ -орбіталь, утворюючи збуджений стан, здатний до чотирьох зв'язків (Рис. 2.8).

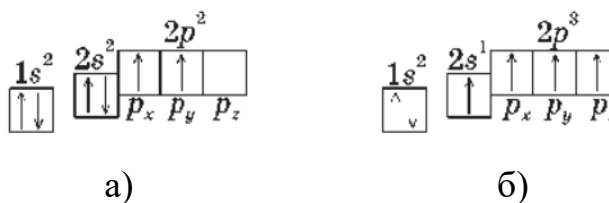


Рис. 2.8. Електронна конфігурація атома Карбону: а) основний стан; б) збуджений стан [5, с. 18].

Питання виникає: чому всі зв'язки однакові, якщо s - і p -орбіталі різні? Просто скласти їх не вдасться, тому вводять гібридизацію – змішування однієї s - і трьох p -орбіталей у чотири однакові sp^3 -орбіталі. Вони розходяться від атома як промені тетраедра, що забезпечує тетраедричну форму метану та однакові за енергією, довжиною й силою зв'язки C—H . В молекулі метану одна s - і три p -орбіталі Карбону перетворюються на чотири однакові sp^3 -гібридні орбіталі, спрямовані до вершин тетраедра під кутом $109,5^\circ$. Це sp^3 -гібридизація, яка забезпечує щільне перекривання з орбіталями Гідрогену та формування міцних σ зв'язків.

3. Основні характеристики ковалентних зв'язків.

Будь-яка система прагне мінімальної енергії, і молекули не виняток: Зв'язок утворюється, якщо енергія системи менша, ніж у окремих атомів. Енергія зв'язку показує, скільки потрібно для його розриву – більша енергія означає міцніший зв'язок. У метані енергія зв'язку C–H = 411 кДж/моль, довжина зв'язку 0,109 нм; коротші зв'язки зазвичай міцніші.

Ковалентні зв'язки бувають полярні й неполярні. У зв'язку C–H полярність слабка, а молекула метану неполярна: чотири слабкополярні зв'язки в тетраедрі взаємно компенсують диполі.

4. Гомолітичне та гетеролітичне розривання ковалентного зв'язку.

Ковалентний зв'язок утворюється спільним використанням електронної пари, але може розриватися гомолітично (з утворенням радикалів) або гетеролітично. Гомолітичне розривання – це розрив електронної пари з утворенням радикалів. (Рис. 2.9).

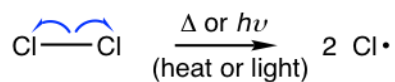


Рис. 2.9. Приклад гомолітичного розривання [24].

Кожен атом хлору забирає по одному електрону з пари. Утворюються вільні радикали Cl•. Стрілка у формі «рибальського гачка» показує перенесення одного електрона.

Гетеролітичне розривання ковалентного зв'язку – розривання електронної пари з утворенням йонів (Рис. 2.10).

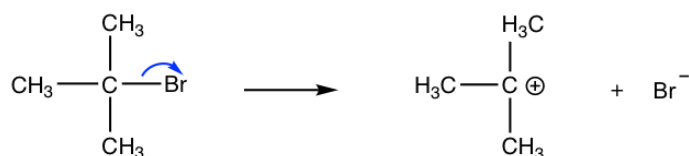


Рис. 2.10. Приклад гетеролітичного розривання [24].

Обидва електрони ковалентного зв'язку залишаються на бромі. Утворюються іони: карбокатион CH₃⁺ і аніон Br⁻.

V. Закріплення нових знань. (5 хв.)

Вправа: Дослідження молекули за 3D моделлю.

Перейдіть за QR-кодом, щоб відкрити 3D модель молекули метану.
Спостерігайте рух атомів та просторову будову молекули.



Метан

Виконайте яка форма молекули. Намалюйте спрощену структурну формулу метану та покажіть, як атоми Гідрогену розташовані в просторі.

VI. Підведення підсумків. Оцінювання роботи учнів. (5 хв.)

Повідомлення домашнього завдання. (1 хв.)

План конспект з використанням 3д-моделей комбінованого типу:

Тема: Циклоалкани, їхній склад, будова, ізомерія. Поняття про конформації циклогексану. Залежність властивостей циклоалканів від будови циклів. Добування і застосування циклоалканів.

Мета дидактична: ознайомитись із складом, загальною формулою та будовою циклоалканів; сформувати поняття про ізомерію і конформації циклогексану; формувати вміння порівнювати будову алканів і циклоалканів; навички аналізу взаємозв'язку між будовою, властивостями та застосуванням циклоалканів.

Мета розвивальна: розвивати логічне, критичне й просторове мислення, увагу, уяву, вміння порівнювати й робити висновки; навички роботи з 3D-моделями молекул, узагальнення й систематизації знань.

Мета виховна: виховувати інтерес до хімії, виховувати культуру запису конспекту; виховувати посидючість на уроці, самостійність, цілеспрямованість.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: підручник (Величко, 2018), телефони з доступом до

інтернету, дидактичні картки із завданнями, QR-код з 3D-моделями

Хід уроку:

I. Організаційний етап. (2 хв.)

II. Перевірка д/з. Актуалізація опорних знань. (4 хв.)

Фронтальне опитування:

1. Які види структурної ізомерії властиві алканам?
2. Що таке структурна ізомерія?
3. Наведіть приклади структурних ізомерів бутану та поясніть, чим вони відрізняються.
4. Що розуміють під терміном «гомологічний ряд алканів»? Яка його загальна формула?
5. Який тип хімічного зв'язку переважає в молекулах алканів і яку форму має молекула метану?
6. Що таке конформація молекули?
7. Чим конформери відрізняються від ізомерів?

III. Повідомлення теми і мети уроку. Мотивація. (2 хв.)

Сьогодні ми дізнаємося, що таке циклоалкани, як вони побудовані, які мають ізомери та чому молекула циклогексану може існувати у кількох просторових формах. З'ясуємо, де ці сполуки використовують у промисловості та побуті, і переконаємось, що навіть незначна зміна у будові молекули може суттєво змінити її властивості.

IV. Пояснення нового матеріалу. (22 хв.)

1. Поняття про циклоалкани.

Циклоалкани (циклопарафіни) – це насичені вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону з'єднані в замкнене кільце. Вони містять лише одинарні зв'язки σ і мають загальну формулу: C_nH_{2n}

Назви циклоалканів утворюються від назв алканів із тим самим числом атомів Карбону, додаючи префікс «цикло-». Якщо в молекулі є замісники: їхні положення вказують цифрами; назви записують у алфавітному порядку. Приклад: 1-метилциклобутан.

2. Будова циклоалканів.

Розглянемо будову молекули циклопропану, яка має трикутну форму (Рис. 2.11).

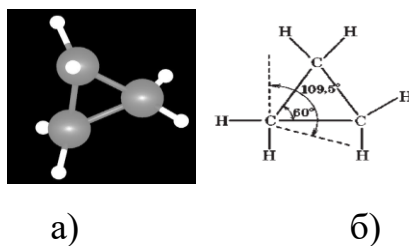


Рис. 2.11 Геометрія молекули циклопропану: а) 3D-модель; б) структурна формула [5, с. 52].

У циклопропані кути трикутника (60°) значно менші за тетраедричний кут $109,5^\circ$, через що орбіталі Карбону перекриваються неповністю, утворюючи ослаблені С—С зв'язки. Це створює внутрішнє напруження, яке називають кутовим або байєрівським, роблячи циклопропан нестійким.

Байєр вважав циклоалкани плоскими, але лише циклопропан плоский; інші мають просторові конформації для зниження напруження. Циклогексан існує у формах «човна» та «крісло», причому «крісло» енергетично вигідніше (Рис. 2.12).

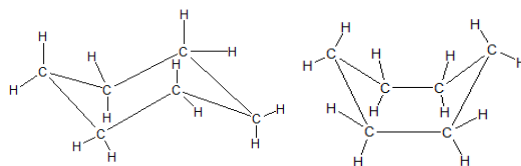


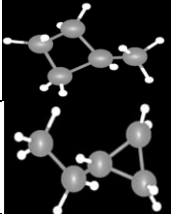
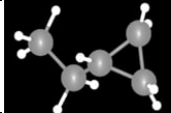
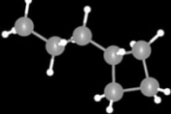
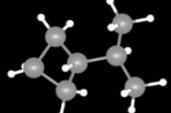
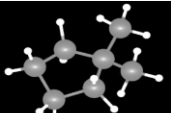
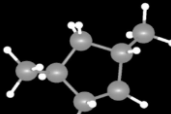
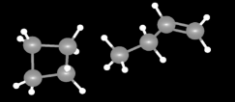
Рис. 2.12. Конформації циклогексану: а) крісло; б) човен [29].

3. Ізомерія.

Для циклоалканів властива структурна та просторова ізомерія. Структурна ізомерія визначається розміром циклу, видом і розташуванням замісників у молекулі. Вона поділяється на такі типи (Табл 2.3.):

Таблиця 2.3.

Ізомерія циклоалканів

Ізомерія	Назва	3д модель
Кільцева	Метил-циклобутан	
	Етил-циклопропан	
Бічних ланцюгів	Пропіл-циклобутан	
	Ізопропіл-циклобутан	
За положенням замісників і кільці	1,1-диметил-циклопентан	
	1,4-диметил-циклопентан	
Міжкласова	Циклоалкани ізомерні алкенам	

Геометрична (цис-транс) ізомерія циклоалканів виникає через жорстке розташування атомів у кільці, що обмежує обертання замісників. У цис-ізомерах вони знаходяться з одного боку площини кільця, у транс-ізомерах — по різні боки (Рис. 2.12):

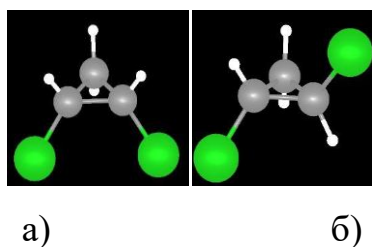
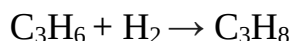


Рис. 2.12 Геометрична ізомерія: а) цис-1,2-дихлороциклопропан; б) транс-1,2-дихлороциклопропан

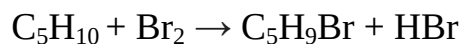
4. Залежність властивостей циклоалканів від будови циклів.

Хімічна активність циклоалканів залежить від розміру та стійкості циклу. Основні реакції циклоалканів:

- Повне окиснення (горіння): $C_6H_{12} + 9O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$;
- Часткове окиснення: $C_3H_6 + [O] \rightarrow C_3H_6O$
- Реакції приєднання (для три- і чотиричлених циклів):

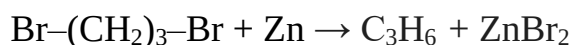


- Реакції заміщення (для п'яти- і шестичлених циклів):

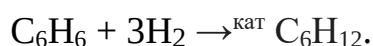


5. Добування циклоалканів.

Циклопентан, циклогексан та їхні гомологи (нафтени) містяться в деяких видах нафти, наприклад каліфорнійській і бакинській. Інші циклоалкани отримують синтетично. Три-, чотири- та п'ятичленні цикли добувають з галогенопохідних алканів у реакції Г. Густавсона:

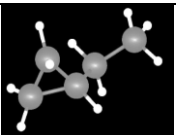
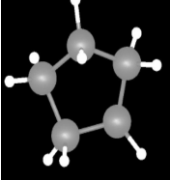
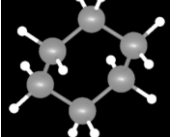


Циклогексан можна також отримати шляхом гідрування бензену, тобто приєднання водню до його молекули:



V. Виконання завдань (9 хв.)

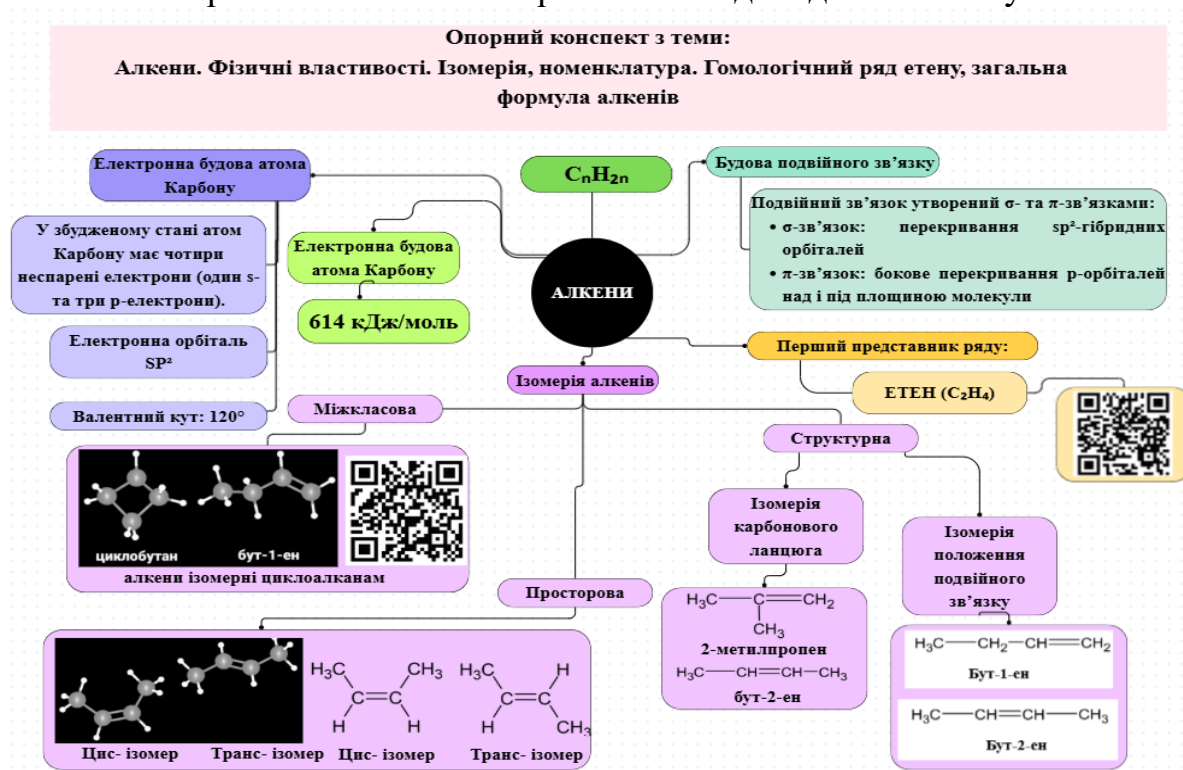
Завдання: Визнач циклоалкан за 3D моделлю. Розглянь 3D-моделі молекул. Визнач і запиши її назву у відповідну графу таблиці.

№	3D модель	Назва сполуки
1		
2		
3		

VI. Підведення підсумків. Оцінювання роботи учнів. (5 хв.)

VIII. Повідомлення домашнього завдання. (1 хв.)

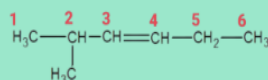
Опорні конспекти з використанням 3д-моделей молекул:



Номенклатура

Алгоритм побудови назви:

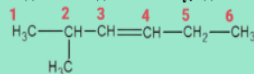
- Обрати найдовший ланцюг, що містить подвійний зв'язок.



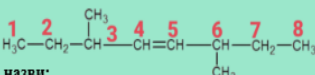
- Нумерацію починають з того кінця, де подвійний зв'язок ближче.

- Якщо подвійний зв'язок рівновіддалений від обох кінців, застосовують критерій:

а) нумерація ведеться від того боку, де ближче алкільний замісник;

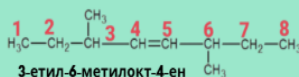


б) якщо й замісники рівновіддалені, застосовують алфавітний порядок назв замісників.



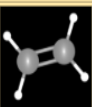
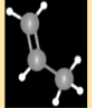
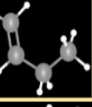
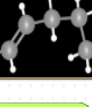
- Побудова назви:

- замісники подають в алфавітному порядку;
- далі — назва головного ланцюга;
- номер атома Карбону, після якого починається подвійний зв'язок;
- суфікс — ен.



- Тривіальні назви найпростіших алкенів: етилен, пропілен, бутілен.

Гомологічний ряд алкенів:

Назва	Молекулярна	Структурна	Моделі молекул
етен	C_2H_4	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	
пропен	C_3H_6	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	
бутен	C_4H_8	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
пентен	C_5H_{10}	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	

Фізичні властивості алкенів (опорний концепт)

1. Агрегатний стан і густина

- Алкени легші за воду.
- У воді не розчиняються (через неполярність молекул).

2. Розчинність

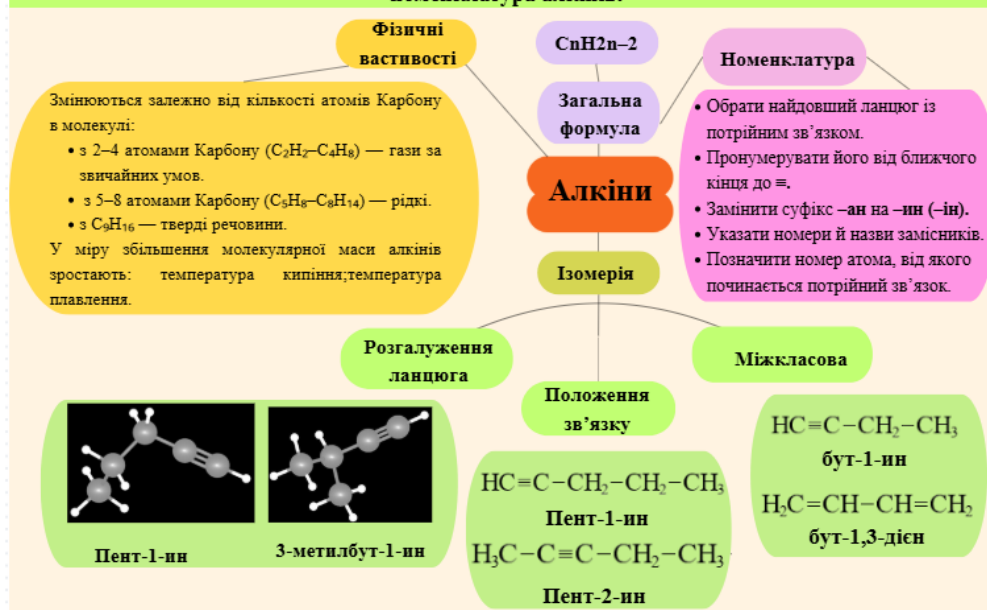
- Добре розчиняються в неполярних органічних розчинниках;

3. Температури плавлення й кипіння

- Зі збільшенням довжини карбонового ланцюга температури плавлення і кипіння підвищуються.
- Розгалужені алкени мають нижчі температури плавлення, ніж їх ізомери нормальної будови.

Опорний концепт з теми:

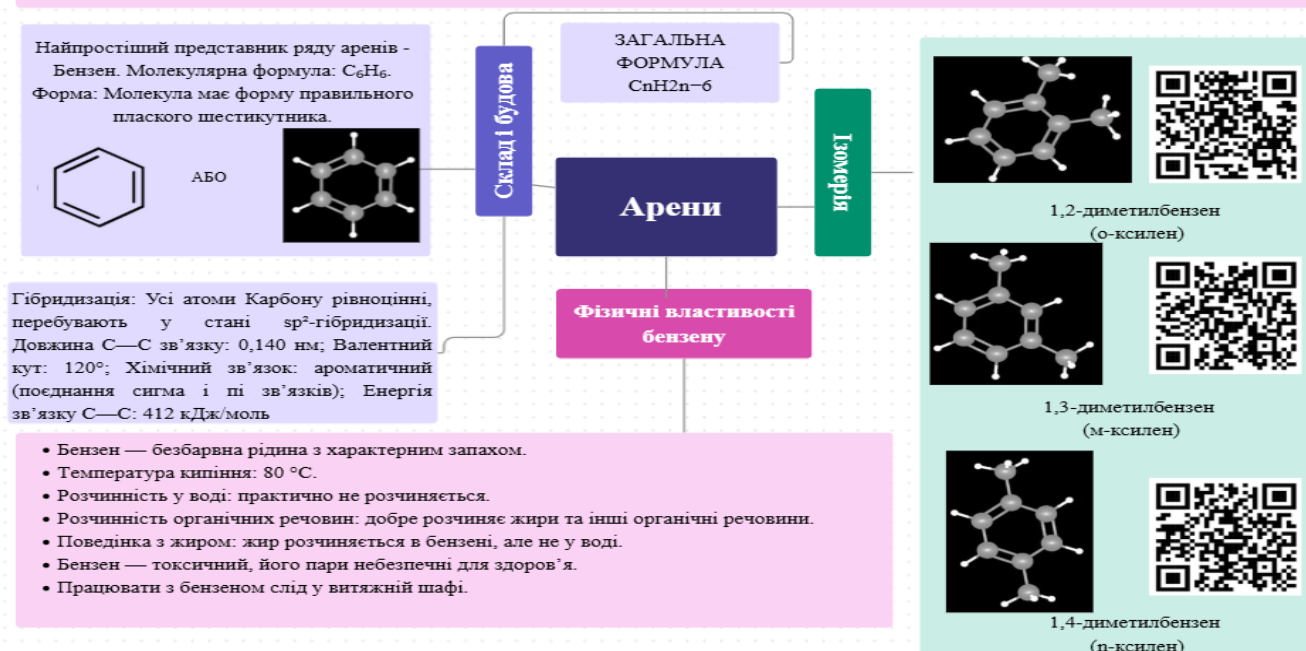
Гомологічний ряд етину, загальна формула алкінів. Фізичні властивості, ізомерія, номенклатура алкінів.

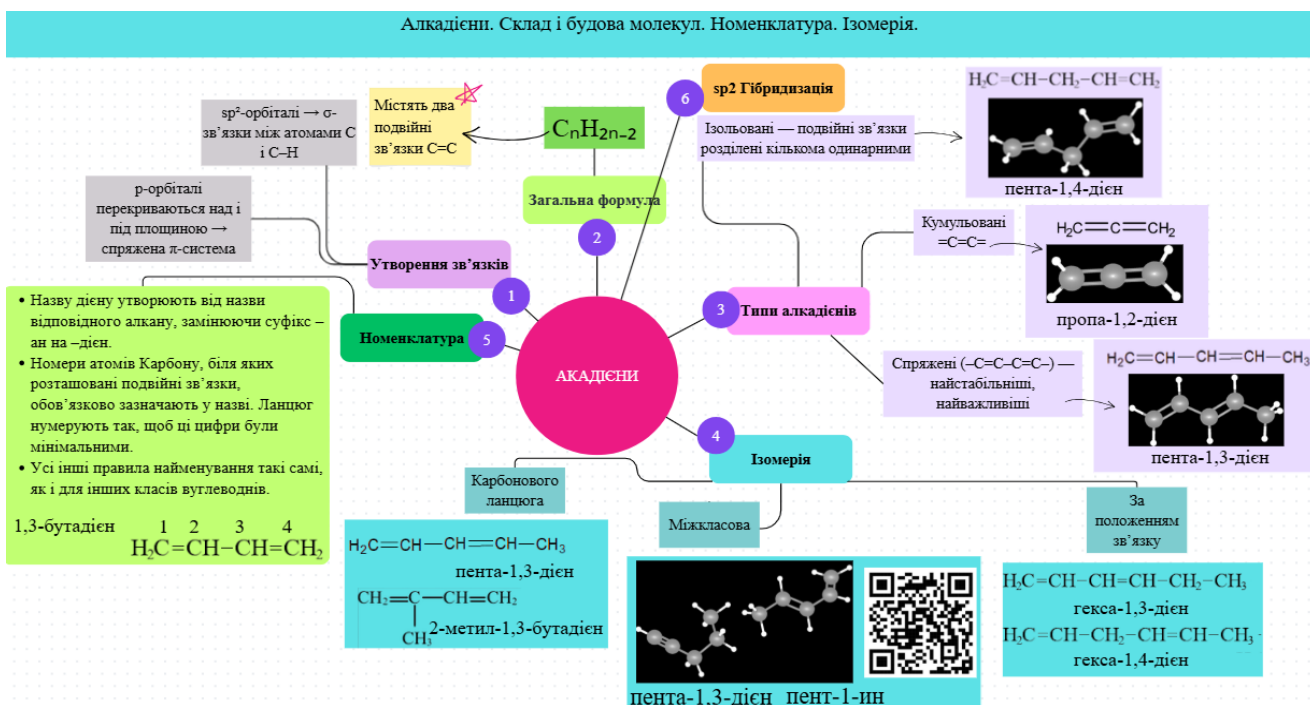


Залежність фізичних властивостей алкінів від будови та складу молекули

Назва	Формула молекулярна	Зд	Температура плавлення	Температура кипіння
Етин	C_2H_2		-81	-83,8
Пропін	C_3H_4		-102,7	-23,2
Бут-1-ин	C_4H_6		-126	-8,6
Бут-2-ин	C_4H_6		-32	27

Арени. Бензен, його склад, хімічна, електронна, просторова будова молекули. Ізомерія. Фізичні властивості.





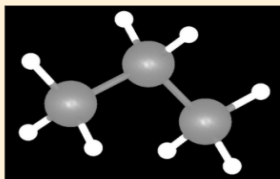
Додаток В

Дидактичні картки з використанням 3д-моделей молекул:

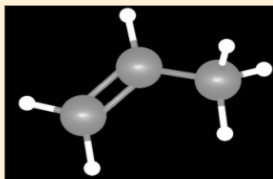
Тема: Номенклатура алканів, алкенів, алкінів	
ЗАВДАННЯ № 1 • Розгляньте 3д моделі знайдіть найдовший ланцюг, орієнтуючись на просторове розташування атомів: 1) 2) 3)	ЗАВДАННЯ № 3 • Назви сполуки за даними 3D-моделями: 1) 2) 3)

ЗАВДАННЯ: ДЛЯ КОЖНОГО АТОМА КАРБОНУ ВИЗНАЧТЕ ТИП ГІБРИДИЗАЦІЇ ТА ЗРОБІТЬ ВИСНОВОК ПРО ЗВ'ЯЗОК МІЖ ГІБРИДИЗАЦІЄЮ Й ФОРМОЮ МОЛЕКУЛИ.

а) пропан:



б) пропен



б) пропін

