

Арени. Бензен: молекулярна і структурна формули, фізичні властивості. Хімічні властивості бензену. Методи одержання бензену

Історія відкриття й дослідження цієї легендарної органічної речовини захоплива та повчальна. Передусім тому, що її вивчення дає змогу простежити за зміною хімічних поглядів, за появою нових і руйнуванням старих теорій і, найголовніше, укотре пересвідчитися, що успіхи сучасної хімії ґрунтуються на копіткій праці представників і представниць наукової спільноти минулого.

Бензеновмісні суміші вперше 1649 року перегонкою кам'яновугільної смоли добув і описав¹ німецький алхімік, аптекар і лікар Йоганн Рудольф Глаубер. Проте ні назва, ні склад цієї сполуки відомі не були. Повторно бензен добув у 1825 році англійський природодослідник М. Фарадей. Він виявив, що невідома речовина, яку він виділив з конденсату світільного газу, містить лише два хімічні елементи: Карбон і Гідроген у масовому співвідношенні 10,75 : 1. На той час атомні маси низки хімічних елементів були визначені не досить точно, тому, виконавши розрахунки², науковець вивів найпростішу формулу досліджуваної речовини, у якій на два атоми Карбону припадав атом Гідрогену - C_2H . На підставі цього він назвав речовину гідроген дикарбідом - «bicarburet² of hydrogen».

Структурна формула бензену впродовж тривалого часу була предметом численних наукових дискусій і запеклих суперечок. Їхня причина полягала в тому, що пропоновані структурні формули не узгоджувалися з хімічними властивостями бензену. З огляду на молекулярну формулу C_6H_6 (порівняйте її з молекулярною формулою гексану) бензен уважали ненасиченою сполукою. Тобто в його молекулі мали б бути подвійні і/або потрійні зв'язки (рис.1), а бензен мав би знебарвлювати бромну воду та водний розчин калій перманганату.

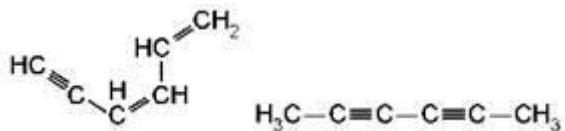


Рис. 1. Структурні формули деяких ненасичених вуглеводнів складу C_6H_6

Однак у ці реакції бензен не вступає. Лише за високої температури, тиску або під дією інтенсивного ультрафіолетового опромінення до молекули бензену приєднуються три молекули водню або три молекули хлору (з рівняннями цих реакцій ви ознайомитеся трохи згодом, їх наведено в таблиці 2).



Рис. 2.

1. Кекуле Фрідріх Август (1829-1896). Видатний німецький учений, хімік, праці якого сприяли становленню теоретичних основ органічної хімії. Основні роботи присвячено теоретичній хімії; головною заслугою стало створення теорії валентності. Висловив думку про чотиривалентність атомів Карбону та їхню здатність сполучатися між собою в ланцюги. Запропонував циклічну формулу бензену. Синтезував низку органічних сполук. Автор «Підручника органічної хімії» (1859-1861).

2. Поштова марка Бельгії, присвячена циклічній формулі бензену.

3. Молекула бензену як ідея для творчості: штамп - скорочена структурна формула бензену

Німецький хімік Ф. Кекуле в 1865 році запропонував циклічну структурну формулу бензену¹ (рис.2). Це було справжнім проривом - адже внаслідок певної інерції мислення ніхто з тодішньої хімічної наукової спільноти не вважав за можливе існування циклічних сполук.

¹ Уперше наявність циклу в бензені припустив у 1861 році австрійський учений Йоганн Лошмідт.

У формулі Кекуле атоми Карбону, сполучені між собою по черзі простими та подвійними зв'язками, утворюють шестичленне кільце, у якому кожен атом Карбону сполучений з атомом Гідрогену. Але й ця формула не давала змоги повністю пояснити хімічні властивості бензену, зокрема його низьку реакційну здатність. Щоб розв'язати цю проблему, Кекуле припустив, що в молекулі бензену безперервно переміщуються подвійні зв'язки. Модель, яку він запропонував, хоча й відіграла прогресивну роль в історії розвитку хімії, також виявилася недосконалою.

Згодом, на межі XIX та XX століть, за результатами аналізу накопичених експериментальних даних у науковій хімічній спільноті виникла гіпотеза¹: у молекулі бензену всі Карбон-Карбонові зв'язки рівноцінні. З розвитком уявлень про електронну природу хімічного зв'язку з'ясовано, що в молекулі бензену між атомами Карбону немає ні ординарних, ні подвійних зв'язків, а є високосиметрична стійка електронна система, яку схематично позначають кільцем усередині шестикутника. Із часом цю гіпотезу було багаторазово підтверджено численними дослідженнями. Вона набула ознак теорії, бо на її основі вдавалося правильно прогнозувати властивості синтезованих похідних бензену.

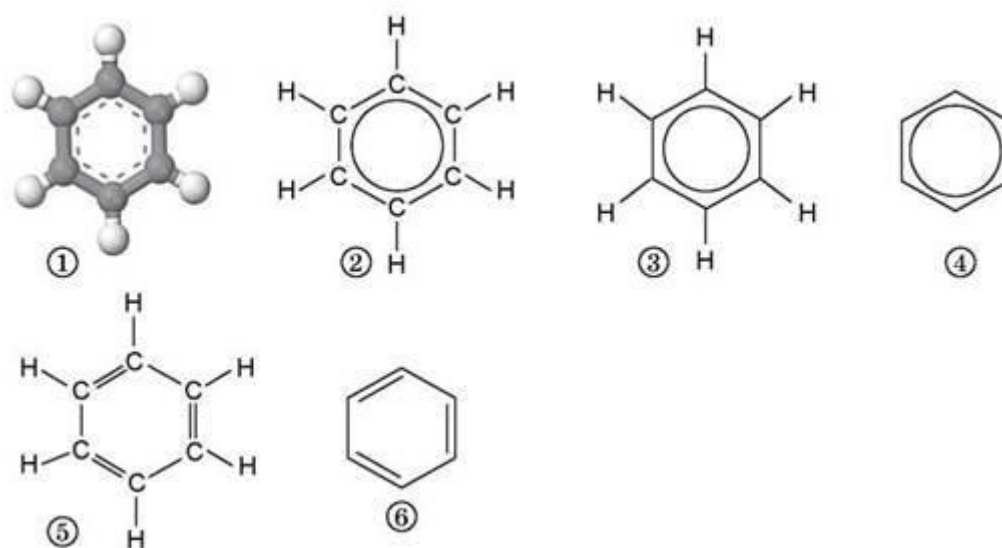


Рис. 3. Модель молекули бензену. 1. Кулестержнева модель. 2, 5. Повні структурні формули. 3, 4, 6. Скорочені структурні формули

Використання сучасних фізичних і квантових методів дослідження дало змогу скласти остаточно правильне уявлення щодо будови молекули бензену й вуглеводнів, першим представником гомологічного ряду яких він є, - аренів.

Арени - вуглеводні, що містять принаймні одне ароматичне кільце - плоску циклічну структуру, де атоми Карбону сполучені між собою особливими хімічними зв'язками, проміжними за довжиною і деякими іншими характеристиками між подвійним (ненасиченим) і простим (насиченим). Інша назва аренів - ароматичні вуглеводні, а зв'язків у їхніх молекулах між атомами Карбону - ароматичні зв'язки.