

2019 Summer
화학1 탄화수소 칼럼 (2.0ver)

written by Summer준영
2018 08 16

[탄화수소 칼럼 개정]

1.0v - 2016/08/22

1.1v - 2016/09/03

1.2v - 2016/11/25

2.0v - 2018/08/16

[목차]

1. 탄화수소 정의와 종류
2. 탄화수소 분자식
3. 탄화수소 구조와 이성질체
4. 결합각과 탄화수소 모형
5. 탄화수소 분자식 유일성
6. 탄화수소 공유 결합 코드
7. H 원자와 결합한 C 원자 수
8. C 원자와 결합한 C 원자 수
9. 동일 평면, 평면 구조
10. 아는 것이 힘

[I 탄화수소 정의]

탄화수소란 탄소(C)와 수소(H)로만 이루어진 화합물이다. 탄소(C)만으로 이루어진 물질은 탄소 동소체라 하고, 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H) 이외에도 산소(O), 질소(N), 황(S), 인(P), 할로젠 원소 등이 공유 결합하여 이루어진 화합물은 탄소 화합물이라 한다.

탄화수소는 무극성 분자로 간주한다. C와 H 사이의 전기음성도 차가 크지 않아 공유 결합한 전자의 쏠림이 심하지 않고, 분자의 크기가 대체로 크고 구조가 대칭적이기 때문이다. 하지만 당, 아미노산과 같은 탄소 화합물은 대체로 극성임에 주의하자.

탄화수소는 크게 두 가지 기준으로 분류할 수 있다.

- 사슬 모양 탄화수소와 고리 모양 탄화수소

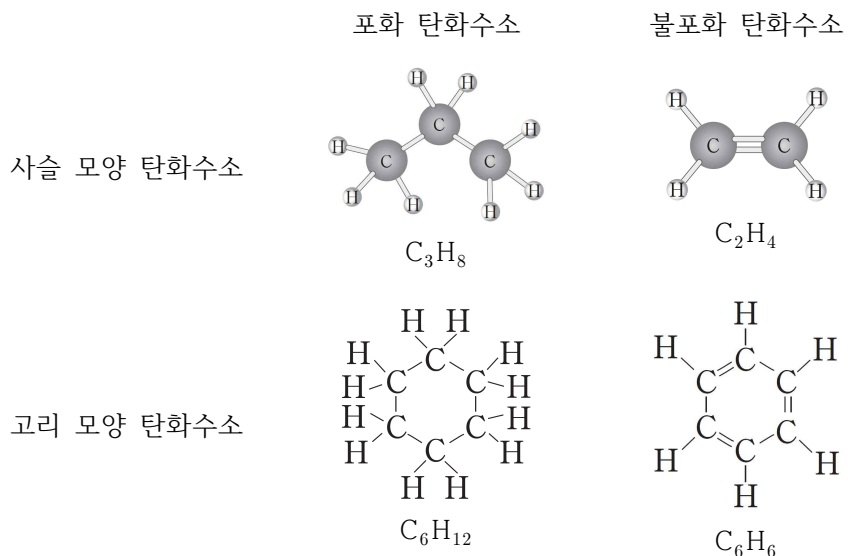
탄소 원자 1개는 최대 다른 원자 4개와 결합할 수 있고, 탄소 원자들은 다양한 결합 방법(단일, 2중, 3중 결합)으로 사슬 또는 고리 모양을 만든다.

- 포화 탄화수소와 불포화 탄화수소

포화 탄화수소 : 단일 결합으로만 이루어진 탄화수소

불포화 탄화수소 : 다중 결합을 포함한 탄화수소

탄화수소 종류 예시



위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.

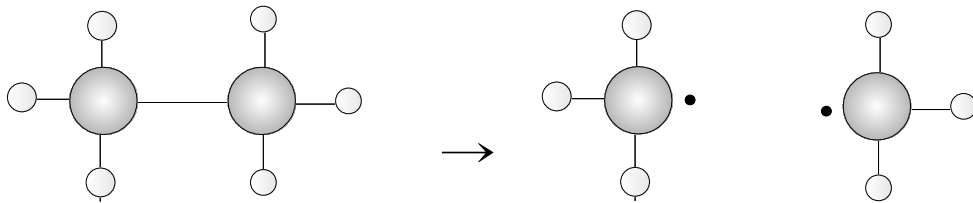
[II 탄화수소 분자식]

탄화수소는 사슬형/고리형, 포화/불포화에 따라 분자식이 달라질 수 있다.

사슬	포화	C_nH_{2n+2}	고리	포화	C_nH_{2n}
$n \geq 2$	불포화 (2중 결합 1개)	C_nH_{2n}	$n \geq 3$	불포화 (2중 결합 1개)	C_nH_{2n-2}
	불포화 (3중 결합 1개)	C_nH_{2n-2}		불포화 (3중 결합 1개)	C_nH_{2n-4}

탄화수소의 분자식 C_nH_{2n+2} , C_nH_{2n} , C_nH_{2n-2} 이 결정되는 원리는 다음과 같다.

(예시) C_2H_6



C와 C가 결합하기 전에 원래 C 원자 하나가 최대 가질 수 있는 공유 결합의 개수는 4개이다. 하지만 C-C가 결합하면, 두 탄소는 각각 한 개, 총 2개의 공유 결합 ‘기회’를 잃어버리게 된다. 따라서 남은 ‘기회’는 총 6개이므로 H가 모두 와서 다닥다닥 붙으면 C_2H_6 가 완성된다. 이를 보편화시키기 위해 사슬형 포화 탄화수소 C_nH_m 을 가정하자.

1. 탄소 n 개가 가지는 pure 공유 결합 ‘기회’ = $4n$ 개
2. 탄소 간 단일 결합의 개수 = $n-1$ 개
3. 탄소 간 공유 결합으로 인해 잃어버린 공유 결합의 ‘기회’ = $-2n+2$ 개
4. 남은 ‘기회’ = $2n+2$ 개 \rightarrow 여기에 H 결합 = $m \rightarrow C_nH_{2n+2}$ 완성

2중 결합 1개를 형성하는데 사용된 공유 결합의 ‘기회’는 두 탄소 각각 두 개, 총 4개 이고, 3중 결합 1개에는 총 6개 ‘기회’가 사용된다.

고리형 포화 탄화수소 C_nH_{2n} 은 최초에 $4n$ 개의 결합 ‘기회’를 지니고 탄소 원자끼리 총 n 개의 결합을 가지므로 $4n-2n=2n$ 개의 수소와 결합할 수 있게 된다.

2019 화학1 탄화수소 칼럼

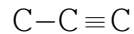
[III 탄화수소 구조]

탄화수소 구조는 어떻게 표현할 수 있을까?

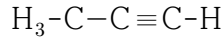
- ① 골격이 되는 탄소 원자를 먼저 그린 후 탄소 원자 간 결합을 표시한다.
- ② 탄소 원자에서 모자란 공유 결합 전자쌍 수만큼 수소 원자를 결합시킨다.

(예시) C_3H_4 그리기

- ① 탄소 원자를 표시한 후 결합선을 표시한다.



- ② 수소 원자를 결합시킨다.



→ 완성 (H는 상황에 따라 생략할 수 있음)

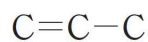
탄소 골격을 그리면 수소는 자동으로 따라온다. 따라서 탄소 골격을 정확히 그리는 것에 초점을 두고 연습해야 한다.

* 이성질체

이성질체는 분자식은 같으나 구조가 다른 물질의 관계를 뜻한다. 예를 들어 C_3H_6 은 사슬형 불포화 탄화수소가 될 수도 있고, 고리형 포화 탄화수소가 될 수도 있다. C의 수가 4 이상인 탄화수소의 경우 이성질체가 다수 존재하는 경우가 빈번하다. 탄화수소의 구조를 표현하기 위해 구조를 나타내는 명칭을 사용하기도 하나, 화1 내에서는 잘 다루지 않는다.

이성질체 예시

C_3H_6 의 이성질체

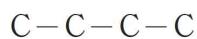


프로펜

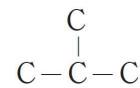


사이클로프로페인

C_4H_{10} 의 이성질체



노말뷰테인

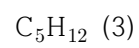
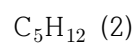
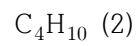
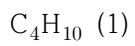
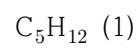
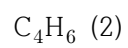
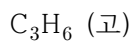
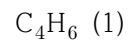
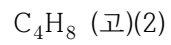
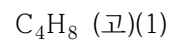
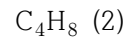


아이소뷰테인

위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.

2019 화학1 탄화수소 칼럼

[탄화수소 구조 연습]



위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.

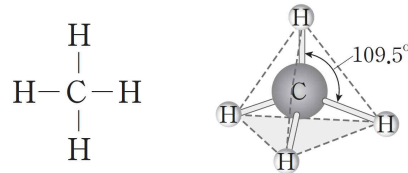
2019 화학1 탄화수소 칼럼

[IV 결합각과 탄화수소 모형]

탄화수소에서 결합각에 직접적으로 영향을 주는 것은 ‘전자쌍 반발의 원리’이다.

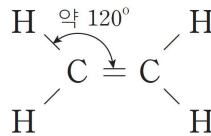
(1) 4개의 단일 결합을 가지는 탄소 원자

- 공유 결합 전자쌍 구조 : 정사면체형
- 결합각 : 109.5°



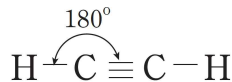
(2) 2개의 단일 결합과 1개의 2중 결합을 가지는 탄소 원자

- 공유 결합 전자쌍 구조 : 평면 삼각형
- 결합각 : 120°



(3) 1개의 단일 결합과 1개의 3중 결합을 가지는 탄소 원자

- 공유 결합 전자쌍 구조 : 직선형
- 결합각 : 180°



(4) 고리 모양 포화 탄화수소









분자식	C_3H_6	C_4H_8	C_5H_{10}	C_6H_{12}
구조식	 사이클로프로페인	 사이클로뷰테인	 사이클로펜테인	 사이클로헥세인
결합각($\angle CCC$)	60°	약 90°	약 108°	약 109.5°

위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.

2019 화학1 탄화수소 칼럼

[탄화수소 모형]

탄화수소 문제의 최종 목표는 ‘구조 파악’이기 때문에 탄화수소 구조를 모형으로 만들어보는 탐구가 등장하기도 한다. 아래 예시는 3가지 탄화수소 구조를 만드는 데 사용된 원자 모형과 결합 모형을 나타낸 것이다.

원자 모형				결합 모형	
원소	모형	결합각(°)	개수	종류	모형
탄소(C)		109.5	9	C-C (단일 결합)	
		120	4	C=C (2중 결합)	
		180	2	C≡C (3중 결합)	
수소(H)			26	C-H (단일 결합)	

탄화수소 모형이 문제로 나왔을 때는 다음을 기억하자.

- (1) 주어진 조건을 이용해서 각각의 탄화수소가 포함하는 탄소 골격 구조를 알아낸다. 이후 탄소 원자 모형에서 필요한 만큼 개수를 제거한다. 남아 있는 탄소 원자 모형이 어느 탄화수소에 모순 없이 배치될 수 있는가를 고민해야 한다.
- (2) C=C 2중 결합 1개는 결합각이 120°인 탄소 원자 2개를 쌍으로 요구하고, C≡C 3중 결합 1개는 결합각이 180°인 탄소 원자 2개를 쌍으로 요구한다. 위의 예시에서 결합각이 120°인 탄소 원자 4개가 사용된다는 조건은 C=C 2중 결합이 총 2개 필요하다는 단서를 준다.
- (3) C의 수가 5 이하인 고리 모양 탄화수소는 180°, 120°, 109.5°의 탄소 원자 모형으로 제작할 수 없다. 다만 C의 수가 6 이상인 고리 모양 탄화수소는 180°, 120°, 109.5°의 탄소 원자 모형의 결합으로 제작할 수 있다.

2019 화학1 칼럼 수소 칼럼

[V 탄화수소 분자식 유일]

C_3H_{10} 또는 C_4H_7 이라는 탄화수소는 존재하지 않는다. 3개의 C로 이루어진 탄화수소에서 H가 결합할 수 있는 최대 개수는 8이다. 또한 H 원자 수가 홀수인 탄화수소의 분자식은 존재하지 않는다. 탄화수소 분자식은 2 가지 규칙을 가진다.

- ① 탄화수소 분자식에서 수소가 홀수 개인 탄화수소는 존재하지 않는다.
- ② 탄화수소 분자식 C_nH_m 에서 m 은 항상 $2n + 2$ 보다 작거나 같다.

실험식이 CH_4 인 탄화수소 분자식으로 가능한 것은 무엇이 있을까? $CH_4, C_2H_8, C_3H_{12} \dots$ 꽤 많은 분자식을 만들어 낼 수 있어 보인다. 하지만 실험식이 CH_4 인 탄화수소 분자식으로 가능한 것은 CH_4 하나뿐이다. 위에서와 같은 이유(②) 때문이다. 탄화수소의 실험식이 주어졌을 때, 분자식으로 한 가지만 가능할 수도 있고 여러 가지가 가능할 수도 있다.

* 탄화수소 분자식의 유일성

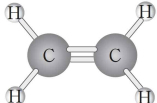
어떤 특정 탄화수소 실험식에 대해서 그 실험식에 대응되는 분자식이 단 하나인 탄화수소가 몇 가지 있고, 예시는 다음과 같다.

실험식		분자식		실험식		분자식
CH_4	→	CH_4		CH_3	→	C_2H_6
C_3H_8	→	C_3H_8		C_2H_5	→	C_4H_{10}

위의 예시에서 사슬 모양 포화 탄화수소의 분자식과 실험식은 1:1로 연결될 수 있음을 알 수 있다. 즉, 사슬 모양 포화 탄화수소는 분자식의 유일성 특징을 만족한다.

[VI 탄화수소 공유 결합 코드]

분자식이 $C_nH_{2n+2}, C_nH_{2n}, C_nH_{2n-2}$ 인 모든 탄화수소는 <공유 결합 전자쌍 수>로 나타내어지는 특정 코드가 있다. 사슬/고리 등 이성질체에 관계없이 분자식에 따라 특정 값을 가지므로, 공유 결합 전자쌍 수를 알면 분자식을 알 수 있다.

	분자식	구조	공유 결합 전자쌍 수
(예시)	C_2H_4		6

분자식	C_2H_2	C_2H_4	C_2H_6	C_3H_4	C_3H_6
공유 결합 전자쌍 수	5	6	7	8	9
분자식	C_3H_8	C_4H_6	C_4H_8	C_4H_{10}	C_5H_8
공유 결합 전자쌍 수	10	11	12	13	14

위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.

2019 화학1 칼럼수노 칼럼

[VII H 원자 n 개와 결합한 C 원자 수]

H 원자 n 개와 결합한 C 원자 수를 '-CH_n'이라 부른다. H 원자 n 개와 결합한 C 원자 수를 이용하여 탄화수소의 분자식을 추론하거나, 구조에 대한 정보를 얻을 수 있다.

<탄화수소 분자식 추론>

① C_xH_y에서 -CH₀ a 개, CH₁ b 개, -CH₂ c 개, -CH₃ d 개라 할 때,

$$a+b+c+d=x \text{이고, } b+2c+3d=y \text{이다.}$$

<탄화수소 구조에 대한 정보>

② -CH₀ 활용법 : C 원자가 2개의 단일 결합과 1개의 2중 결합을 갖는 경우 또는 C 원자가 1개의 단일 결합과 1개의 3중 결합을 갖는 경우 H 원자와 결합하지 않은 C 원자가 존재할 수 있다.

③ -CH₂ 활용법 : -CH₂가 탄소 원자 수랑 같은 것은 고리형 포화 탄화수소이다.

④ -CH₃ 활용법 : -CH₃에서 C 원자는 다른 C 원자 1개와 단일 결합을 형성하며, 탄화수소의 가장 바깥 골격에 위치한다. 또한, 대부분의 고리 모양 탄화수소는 -CH₃을 갖지 않는다.

즉, -CH₃이 존재 → -CH₃이 바깥 골격에 위치 (○)

다만, 바깥 골격에 위치한 C → -CH₃ (×)

* C의 산화수

전기음성도는 C가 H보다 크다. 따라서 C 원자에 결합한 H 원자 수가 n 일 때 C 원자의 산화수는 $-n$ 의 값을 갖는다. 어떤 C 원자의 산화수가 -1 이란 것은 그 C 원자에 결합한 H 원자 수가 1개라는 것과 동일하다.

(1) 산화수가 -3 인 C의 수 = H 원자 3개와 결합한 C 원자 수

(2) 탄화수소에서 C의 산화수를 모두 합한 값 = $-1 \times (\text{H 원자 수})$

(3) C의 산화수를 모두 곱한 값이 (-)이면 C가 홀수개, (+)이면 C가 짝수개

위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.

2019 화학1 칸화수노 칼럼

[H 원자 n 개와 결합한 C 원자 수]

	C_2H_2	C_2H_4	C_2H_6
-CH ₀			
-CH ₁			
-CH ₂			
-CH ₃			

	C_3H_4	C_3H_6	C_3H_8
-CH ₀			
-CH ₁			
-CH ₂			
-CH ₃			

	C_4H_6 (1)	C_4H_6 (2)	C_4H_8 (1)
-CH ₀			
-CH ₁			
-CH ₂			
-CH ₃			

	C_4H_8 (2)	C_4H_8 (3)	C_4H_{10} (1)
-CH ₀			
-CH ₁			
-CH ₂			
-CH ₃			

	C_4H_{10} (2)	C_3H_6 (고)	C_4H_8 (고)
-CH ₀			
-CH ₁			
-CH ₂			
-CH ₃			

	C_4H_8 (고)	C_6H_{12} (고)	C_6H_{10} (고)
-CH ₀			
-CH ₁			
-CH ₂			
-CH ₃			

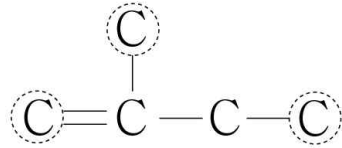
위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.

2019 화학1 칼화수소 칼럼

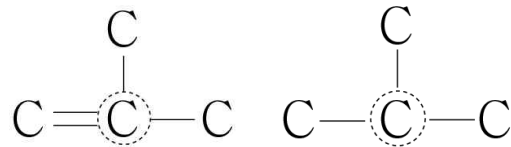
[VIII C 원자 n 개와 결합한 C 원자 수]

C 원자 n 개와 결합한 C 원자 수에서 탄화수소 구조에 대한 정보를 얻을 수 있다.

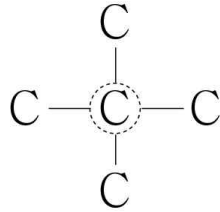
① C 원자 1개와 결합한 C 원자 : 탄화수소의 가장 바깥 골격에 위치한 C이다.



② C 원자 3개와 결합한 C 원자 : 삼중 결합을 가질 수 없는 C이다.



③ C 원자 4개와 결합한 C 원자 : C 4개와 단일 결합을 이룬 C이다.



2019 화학1 칸화수노 칼럼

[C 원자 n 개와 결합한 C 원자 수]

	C_3H_4	C_3H_6	C_3H_8
C1 C			
C2 C			
C3 C			

	C_4H_6 (1)	C_4H_6 (2)	C_4H_8 (1)
C1 C			
C2 C			
C3 C			

	C_4H_8 (2)	C_4H_8 (3)	C_4H_{10} (1)
C1 C			
C2 C			
C3 C			

	C_4H_{10} (2)	C_3H_6 (ㄱ)	C_4H_8 (ㄱ)
C1 C			
C2 C			
C3 C			

	C_4H_8 (ㄱ)	C_6H_{12} (ㄱ)	C_6H_{10} (ㄱ)
C1 C			
C2 C			
C3 C			

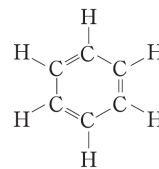
	(1)	(2)	(3)
C1 C			
C2 C			
C3 C			

위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.

2019 화학1 칼화수소 칼럼

[IX 동일 평면과 평면 구조]

2중 결합이 1개 있는 탄화수소는 모든 C가 C=C에 결합되어 있어야 C 원자 동일 평면을 만족하고, 3중 결합이 1개 있는 탄화수소는 적어도 1개의 C를 제외한 모든 C가 C≡C에 결합되어 있어야 C 원자 동일 평면을 만족한다. C 원자 동일 평면 구조를 가진 예시는 다음과 같다.

1 C ₄ H ₆	2 C ₄ H ₆	3 C ₄ H ₈
C—C≡C—C	C≡C—C—C	C—C=C—C
4 C ₄ H ₈	5 C ₅ H ₁₀	6 C ₆ H ₆ (벤젠)
$\begin{array}{c} \text{C} \\ \\ \text{C}=\text{C}-\text{C} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{C} \\ \\ \text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C} \end{array}$	

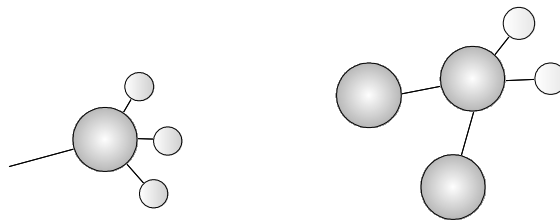
[평면 구조]

평면 구조는 C 원자 동일 평면 개념을 포함한다. 모든 C, H 원자가 같은 평면에 존재해야 한다.

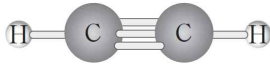
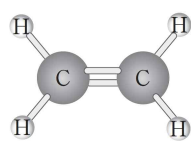
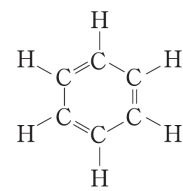
(1) 'H 원자 3개와 결합한 C 원자'를 포함하는 탄화수소는 평면 구조를 가질 수 없다.

(2) 고리형 포화 탄화수소는 평면 구조를 가질 수 없다.

- 가운데 C를 중심으로 H 2개와 C가 약 109.5°로 결합하므로 입체 구조를 가진다.



평면 구조를 가지는 탄화수소의 예시

1 C ₂ H ₂	2 C ₂ H ₄	3 C ₆ H ₆ (벤젠)
		

위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.

2019 화학1 탄화수소 칼럼

- * C가 4개 이하인 경우 외우고 있는 범위 내에서 탄화수소 구조를 묻는 문항이 출제되며, C가 5개 이상인 경우 탄화수소 구조를 그릴 수 있는가를 묻는 문항이 출제된다. 따라서 C가 4개 이하이면 알고 있는 탄화수소를 나열하여 자료에 부합하는 구조를 찾으면 되지만 C가 5개 이상이면 주어진 자료를 분석하여 탄화수소 구조를 그려 나가는 것이 좋다.

© 2018-08-16. 박준영(Summer) All rights reserved.

위 칼럼에 대한 저작권은 Summer준영에 있습니다.