

2015학년도 수시 일반 논술(자연계열)

문제 4

다음 제시문 (가)~(라)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 탄소 화합물 중에서 가장 기본이 되는 것은 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어진 탄화수소이다. 탄소 원자 사이에 단일 결합으로 이루어진 탄화수소를 포화 탄화수소라고 하며, 사슬 모양의 포화 탄화수소를 알케인이라고 한다. 알케인에는 메테인(CH_4), 에테인(C_2H_6), 프로페인(C_3H_8) 등이 있다. 탄소 원자 사이에 이중 결합이나 삼중 결합으로 이루어진 탄화수소를 불포화 탄화수소라고 하며 이중 결합을 가지고 있는 사슬 모양의 불포화 탄화수소를 알켄이라고 한다. 알켄에는 에텐(C_2H_4), 프로펜(C_3H_6) 등이 있다. 한편 삼중 결합을 가지고 있는 사슬 모양의 불포화 탄화수소를 알카인이라고 하며, 알카인에는 에타인(C_2H_2), 프로파인(C_3H_4) 등이 있다.
- (나) 공유 결합을 형성하는 원자들은 중심 원자와 180° , 120° , 109.5° 등 일정한 결합각을 이룬다. 공유 결합 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 서로 같은 전하를 띠고 있으므로 반발력이 최소가 되기 위해서 최대한 멀리 떨어져 있으려고 한다. 이를 전자쌍 반발 이론이라고 한다.
- (다) 화합물을 이루는 원소의 종류와 수를 알아내는 실험을 원소 분석이라고 한다. 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로 이루어진 화합물의 시료를 완전 연소시켰을 때 생성되는 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)의 질량을 측정하여 성분 원소인 탄소(C), 수소(H), 산소(O)의 질량비를 알아낸다. 각 성분의 질량을 각 성분의 원자량으로 나누어 주면 조성비를 구할 수 있다. 조성비를 구한 후, 구성 원소의 원자 개수의 비율을 가장 간단한 정수비로 나타낸 식을 실험식이라고 한다. 탄소(C), 수소(H), 산소(O)의 원자량은 각각 12, 1, 16이다.
- (라) 아보가드로 법칙에 따르면 모든 기체는 온도와 압력이 같을 때, 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있다. 분자 수가 같으면 몰수도 같으므로, 온도와 압력이 같은 조건에서 기체 1몰의 부피는 기체의 종류에 상관없이 같다.

[문제 4-1] 결합각의 최댓값이 180° 인 사슬 모양 탄화수소의 실험식이 C_3H_6 로 결정되었다. 제시문 (가), (나), (다)에 근거하여, 이 사슬 모양 탄화수소의 분자량(g/mol)을 구하는 과정을 논리적으로 설명하고 그 구조식을 1개만 제시하시오. [10점]

[문제 4-2] 다음 그림과 같은 장치를 이용하여 액체 상태의 시료 X에 대해 원소 분석 실험을 수행하였다.

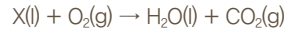


시료 X를 원소 분석 장치에 넣고 가열하여 완전 연소시켰을 때 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)만 생성되었다. 원소 분석 장치에서 반응이 완결된 후 염화 칼슘(CaCl₂)을 채운 염화 칼슘관에서 54mg, 수산화 나트륨(NaOH)을 채운 수산화 나트륨관에서 132mg의 질량 증가가 측정되었다. 시료 X의 원소 분석 실험을 통해 탄소(C)와 수소(H)의 몰수비가 결정되었고, 시료 X의 실험식을 결정하기 위해 추가적으로 진행된 실험과 그 결과는 다음과 같다.

- ❶ 소량의 시료 X를 넣은 실린더에 건조한 산소(O₂) 기체를 채운 후 상온(25°C)에서 실린더 내부의 부피를 측정하였다.
 - ❷ 실린더를 가열하여 연소 반응을 완결시킨 후 실린더를 냉각하여 상온(25°C)으로 유지한 상태에서 실린더 내부의 부피를 측정하였다.
- **실험 결과** : 연소 반응 전과 후 실린더 내부의 부피

연소 반응 전	연소 반응 후
400 mL	300 mL

위의 실험 결과와 제시문(다), (라)에 근거하여 시료 X의 실험식을 논리적으로 추론하시오. 단, 계수를 맞추지 않은 화학 반응식은 다음과 같고, 실린더 안의 액체 상태 물질의 부피는 무시할 정도로 작다. [20점]



1. 논제의 분석

2015학년도 수시 일반 논술(자연계열)에 출제된 화학 문항들은 'XX를 구하는 과정을 제시문에 근거하여 논리적으로 설명하라'의 형식으로 되어 있다. 이러한 형식은 다시 두 가지로 나눌 수 있는데 i) 주어진 제시문만을 분석하여 해답을 제시하도록 요구하는 경우와 ii) 실험의 결과를 분석하여 해답을 제시해야 하는 경우가 있다. 이러한 형식의 문항들은 모두 '논리적 추론형'으로 분류할 수 있는 문항들로서 단순한 지식의 암기만으로는 해결하기 어려운 형태의 문항들이다. 이는 개별 교과 형 출제가 시행되기 전 다년간 출제되었던 중앙대학교 논술 시험 방식인 통합형 논술과 동일한 형식을 갖는다. '논리적 추론형' 문항이 주어진 경우 다음과 같은 사항에 유의하여 답안을 작성해야 한다.

- 제시문에 주어진 사항들을 우선적으로 숙지한 후 문제 풀이를 시도해야 함.
- 답안을 얻기 위한 사고 전개 과정을 각 단계 별로 설명해야 함.
- 문제에서 주어진 실험 결과에 대한 분석이 제시되어야 함.
- 풀이 과정이 수리적 계산인 경우 설명에 반드시 수식이 제시되어야 함.
- 'XX를 구하는 과정을 논리적으로 설명하시오'의 XX에 해당하는 답안이 최종적으로 제시되어야 함.

2. 제시문의 분석 및 배경 지식

[제시문 (가)]

- **출전** : 화학 I, 단원 III, 아름다운 분자 세계 (EBS, 탐스런 화학 I, pp. 188-190, 비상교육, 화학 I, p.166)
- **배경 지식**

지구 상의 생명 활동의 근본이 되는 물질은 탄소 화합물이며, 화석 연료, 식량, 대부분의 의약품 등도 모두 탄소 화합물이다. 탄소는 원자가가 4이므로 최대 4개의 다른 원자와 결합할 수 있다. 또한 탄소 원자는 사슬 및 고리를 형성할 수 있어 매우 다양한 종류의 화합물을 만들 수 있다. 이러한 탄화수소는 크게 사슬형 탄화수소와 고리형 탄화수소로 분류되고, 그 중에서 사슬형 탄화수소는 탄소 사슬에 존재하는 화학 결합의 종류에 따라 세 개의 부류로 나뉘어 진다. 알케인은 탄소와 탄소가 단일 결합으로 이루어진 포화 탄화수소로서 일반식은 C_nH_{2n+2} 이다. 알켄은 탄소와 탄소가 이중결합으로 이루어진 불포화 탄화수소로서 일반식은 C_nH_{2n} 이다. 마지막으로 알카인은 탄소와 탄소가 삼중 결합으로 이루어진 불포화 탄화수소로서 일반식은 C_nH_{2n-2} 이다. 이와 같이 사슬형 탄화수소의 실험식이 주어지면 탄화수소의 종류를 예측할 수 있다.

[제시문 (나)]

- **출전** 화학, 단원 III, 아름다운 분자 세계 (EBS, 탐스런 화학 I, pp.172-184, 교학사, 화학, pp.176-177)
- **배경 지식**

전자쌍 반발 원리에 의하면, 중심 원자 주위에 존재하는 전자쌍의 수에 따라 분자의 구조가 결정된다. 분자의 구조 결정을 위하여 루이스 전자점식을 먼저 그린 후에 중심 원자 주위에 존재하는 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍의 수를 파악하여야 한다. 이때 이중 결합 혹은 삼중 결합 등의 다중 결합에 이용된 공유 전자쌍을 제외하고 단일 결합에 이용된 공유 전자쌍만을 고려한다. 결합각이 180° 와 120° 인 분자의 중심 원자는 공유 전자쌍을 2개 또는 3개를 갖게 되고 대표적인 예로서는 BeH_2 와 BF_3 가 있다. 그러나 이들은 중심 원자가 옥텟규칙을 만족시키지 못한다. 중심 원자가 옥텟규칙을 만족시키는 경우도 180° 혹은 120° 의 결합각을 가질 수 있다. 이중 결합 혹은 삼중 결합을 가지는 경우 중심 원자 주변에는 4개의 공유 전자쌍이 존재하지만 다중 결합을 이루는데 이용된 전자쌍을 제외하면 2개 혹은 3개의 공유 결합쌍을 가지게 되고, 전자쌍 반발 원리에 의해서 직선형(180°) 혹은 평면 삼각형(120°)의 구조를 가지게 된다.

[제시문 (다)]

- **출전** : 화학, 단원 I, 화학의 언어 (EBS, 탐스런 화학, p.41, 비상교육, 고등학교 화학, p.34)
- **배경 지식**

불꽃 반응과 선 스펙트럼을 확인하면 화합물을 구성하는 원소들의 종류를 알 수 있지만, 화합물을 구성하는 원소들의 구성 비율은 알 수 없다. 따라서 화합물을 구성하는 원소들의 구성 비율을 알기 위해서는 원소 분석 방법을 이용한다. 화합물을 구성하는 원자의 종류와 수를 가장 간단한 정수비로 나타낸 식을 실험식이라고 하는데, 탄화수소의 경우, 원소 분석 실험을 통해 다음과 같이 구할 수 있다.

원소 분석을 통한 탄화수소의 실험식 구하기

- ① 연소 반응 후에 생성된 이산화탄소와 물의 질량으로부터 성분원소의 질량을 구한다.
- ② 각 성분 원소의 질량을 원자량으로 나누어 원자의 개수비를 구한다.
- ③ 성분 원소의 원자수를 가장 간단한 정수비로 나타낸 실험식을 구한다.
- ④ 실험식량과 분자량을 비교하여 분자식을 구한다.

[제시문 (라)]

- **출전** : 화학, 단위 I, 화학의 언어 (EBS, 탐스런 화학, p.32, 상상아카데미, 고등학교 화학 I, p.35)

● **배경 지식**

고체나 액체의 경우 원자, 분자, 이온의 수는 이들 물질의 질량을 측정해서 쉽게 알 수 있다. 그러나 기체는 질량보다 부피를 측정하기가 쉽다. 기체의 부피로부터 기체의 분자수를 알 수 있는데 이는 아보가드로 법칙에 따라 항상 0°C, 1 기압에서 기체 1몰이 차지하는 부피는 기체의 종류에 관계없이 22.4L이기 때문이다. 즉, 측정된 부피가 11.2L이면 기체의 종류에 관계없이 0.5몰의 기체가 존재한다.

3. 문항별 분석 및 풀이 과정**[문제 4-1]**

고등학교 화학 교과 과정은 주로 화학의 기본적인 언어를 습득하는 것에 주 목적을 두고 있다. 이러한 화학의 기본적인 개념 중에서 전자쌍 반발 이론은 분자의 구조 예측에 이용되는 화학의 필수적인 기본 언어이다. 탄화수소는 자연계를 구성하고 있는 물질 중에서 가장 많이 발견되는 화합물로 탄화 수소를 이루고 있는 화학결합의 종류에 따라 분류될 수 있다. [문제 4-1]은 원소 분석 실험을 통하여 결정된 실험식의 개념을 정확히 이해하고, 이를 탄화수소의 일반식과 연결하여 탄화수소의 분자식을 결정하고 분자량을 계산할 수 있어야 한다. 주어진 분자식으로 가능한 탄화수소의 이성질체 가운데 문제와 제시문에 주어진 결합각에 대한 정보를 이용하여 이 탄화수소의 구조를 결정하고, 이 탄화수소의 구조를 예측할 수 있는지를 평가한다.

● **탄화수소 분자량의 결정**

탄화수소의 실험식만 주고 탄화수소의 분자량과 구조식을 묻고 있다. 일반적으로 실험식만으로는 분자량과 구조식을 결정할 수 없다. 문제에 주어진 조건과 제시문 (가)에 주어진 사슬 모양의 탄화 수소의 일반식에 대한 지식을 통하여 분자식을 결정하여야 한다.

주어진 첫 번째 조건은 탄화수소의 결합각의 최대값이 180°라는 것이다. 제시문 (나)에 주어진 전자쌍 반발 이론을 이용하면 중심 원자가 공유 전자쌍을 2개 가질 때, 직선형 모양을 가지고 180°의 결합각을 가진다. 탄화수소의 경우 수소와 수소 사이의 결합이 삼중 결합으로 이루어져 있을 때, 180°의 결합각을 가진다. 이를 통하여 문제에 주어진 사슬 모양의 탄화수소는 삼중 결합을 포함하고 있는 알카인이라는 것을 알 수 있다.

알카인의 분자식은 C_nH_{2n-2} 라는 일반식을 가진다. 이 일반식을 이용하면 알카인 탄화수소에 포함된 탄소와 수소의 개수 비를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$C의\ 개수 : H의\ 개수 = n : 2n-2$$

이 실험식을 통하여 탄소와 수소의 개수 비가 3 : 5이어야 하므로 $n : 2n - 2 = 3 : 5$ 와 같은 비례식이 성립한다. 이 비례식을 통하여 $5n = 6n - 6$ 의 방정식이 성립함을 알 수 있고 이 방정식으로부터 $n = 6$ 으로 결정된다.

위의 결과로부터 주어진 조건에 적합한 탄화수소의 분자식이 C_6H_{10} 으로 결정되었다.

이제 주어진 탄화수소의 분자식과 각 구성 원자의 원자량을 이용하여 이 탄화수소의 분자량을 계산할 수 있다.

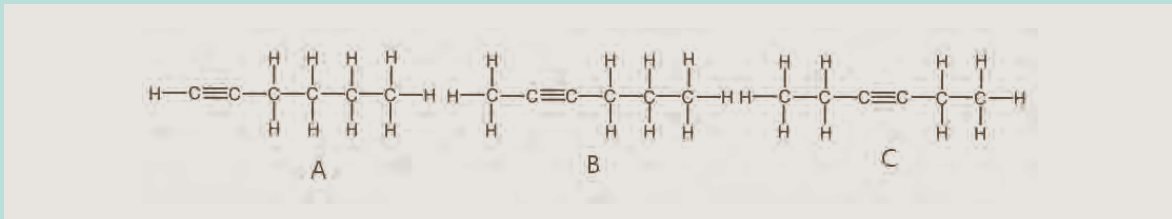
$$C_6H_{10} \text{의 분자량} = 6 \times 12 (\text{탄소의 원자량}) + 10 \times 1 (\text{수소의 원자량}) = 82$$

문제에서 탄화수소 1몰의 분자량을 물어보고 있으므로 계산된 원자량에 g/mol 단위를 붙이면 1몰당 분자량을 82 g/mol로 결정할 수 있다.

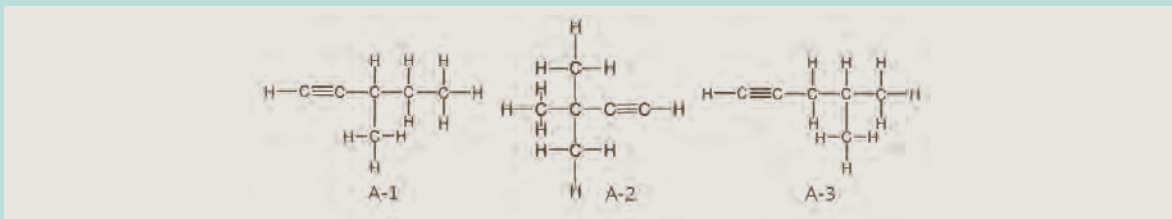
● 탄화수소 구조식의 결정

분자식은 같지만 구조식이 달라서 성질이 다른 화합물을 구조 이성질체라고 한다. 탄소 원자의 수가 4개 이상이 되면 긴 사슬 모양 외에도 가지가 달린 사슬 모양의 탄화수소가 만들어진다. 구조 이성질체는 녹는점이나 끓는점과 같은 물리적 성질이 다르므로 서로 다른 물질이다. 또한 알카인의 경우 삼중 결합의 위치에 따라서도 구조가 달라지므로 구조 이성질체가 존재한다.

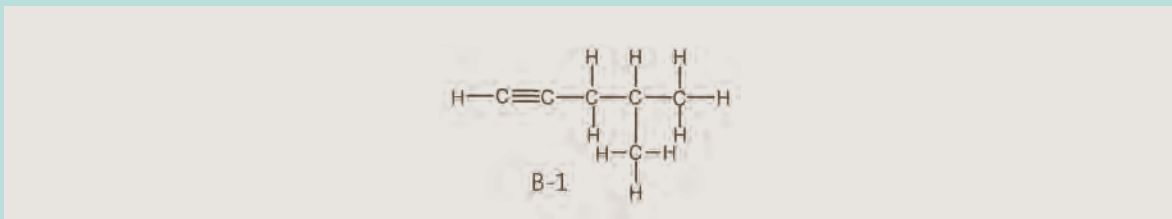
C_6H_{10} 의 경우 가지가 없이 긴 사슬 모양으로 탄소 원자를 배열한 후 삼중 결합의 위치를 변화시켜가면서 세가지 다른 모양의 구조 이성질체를 만들 수 있다.



이 세 가지 구조에서 가지가 달린 모양의 탄화수소를 만들 수 있다. 우선 A의 구조에서 가지를 만들면 아래의 세 가지 이성질체를 만들 수 있다.



마찬가지로 B구조에서 가지를 만들면 아래와 같다.



[문제 4-2]

고등학교 화학에 소개되어 있는 원소 분석 실험은 유기물의 구성 성분과 조성을 결정하는 가장 중요한 실험의 하나이다. 일반적으로 시료의 질량이 주어진 상태에서 원소 분석 실험을 이용하여 탄소(C), 수소(H), 산소(O)의 조성비가 결정되고 이를 이용하여 실험식이 결정된다. [문제 4-2]는 시료의 질량을 문제에 제시하지 않고 교과서에 소개된 연소 반응 실험의 결과를 이용하여 원소 분석 실험에서 결정하지 못한 산소(O)의 조성비를 유추할 수 있는지를 확인하여, 원소 분석 실험의 원리를 정확히 이해하고 있는지를 평가하는 문제이다. 산소(O)의 조성비를 결정하기 위해서 제시된 연소 실험의 결과와 제시문에 주어진 아보가드로 법칙을 이용하여 산소 기체와 이산화탄소 기체의 몰수비를 파악하고, 주어진 화학반응식의 계수를 결정하여 시료의 분자식을 결정하게 함으로써 아보가드로 법칙을 정확히 이해하고 응용할 수 있는지를 평가한다. 교과서에 소개된 원소 분석 실험과 아보가드로 법칙을 정확히 이해하고, 하나의 실험에서 부족한 정보를 얻어내기 위하여 다른 실험을 계획할 수 있는 응용력을 평가하는 문제이다.

문제에서 주어진 실험 결과들을 이용하여 시료 X의 실험식을 결정하려고 한다. 일반적인 원소 분석 장치를 이용한 실험에서는 탄소, 수소, 산소로 이루어진 시료 X의 무게가 주어진다. 원소 분석 장치를 이용하여 시료에 포함된 탄소와 수소의 질량을 결정한 후, 시료 X의 질량에서 측정된 탄소와 수소의 질량을 빼주면 산소의 질량을 결정할 수 있다. 그러나 주어진 문제에서는 시료의 질량이 주어지지 않은 상태에서 시료에 산소가 존재하는지, 산소가 존재한다면 얼마나 존재하는지에 대한 정보를 원소 분석 장치를 이용한 결과만으로는 결정할 수 없다. 존재하는 산소의 질량을 결정하기 위하여 추가적으로 연소 실험이 진행되었고 반응 전과 후의 부피 변화가 측정되었다. 이 연소 실험의 결과를 이용하여 시료에 포함된 산소의 질량을 결정하여야 한다.

- 원소 분석 장치를 이용한 시료 X의 탄소(C)와 수소(H)의 몰수비 결정.

그림에서 주어진 것과 같이 시료 X의 완전 연소 후에 생성된 물(H₂O)은 염화 칼슘에 의해서, 생성된 이산화탄소(CO₂)는 수산화 나트륨에 의해서 흡수된다. 따라서 염화 칼슘관의 무게 증가로부터는 생성된 물의 질량을, 수산화 나트륨관의 무게 증가에서는 생성된 이산화탄소의 질량을 측정할 수 있다.

시료 X의 성분을 알아내기 위해서는 생성된 물에 포함된 수소의 질량과 이산화탄소에 포함된 탄소의 질량을 알아내야 한다. 물(H₂O)에 포함된 수소의 질량비는 항상 일정하므로 측정된 물의 질량에 물에 포함된 수소의 질량비를 곱하면 시료 X에 포함되어 있던 수소의 질량을 아래의 과정과 같이 구할 수 있다.

수소의 질량 = 원소 분석 장치에서 측정된 물의 질량 × 물에 포함된 수소의 질량비.

$$\text{물에 포함된 수소의 질량비} = \frac{2 \times \text{H의 원자량}}{\text{H}_2\text{O의 분자량}} = \frac{2 \times 1}{18}$$

$$\text{수소의 질량} = 54 \text{ mg} \times \frac{2 \times 1}{18} = 6 \text{ mg}$$

탄소의 질량 = 원소 분석 장치에서 측정된 이산화탄소의 질량 × 이산화탄소에 포함된 탄소의 질량비

$$\text{이산화탄소에 포함된 탄소의 질량비} = \frac{\text{C의 원자량}}{\text{CO}_2\text{의 분자량}} = \frac{12}{44}$$

$$\text{탄소의 질량} = 132 \text{ mg} \times \frac{12}{44} = 36 \text{ mg}$$

실험식을 결정하기 위해서는 수소와 탄소의 개수비 혹은 몰수비가 필요하다. 주어진 질량을 몰수비로 바꾸기 위해서는 질량을 원자량으로 나누어 주어야 한다. 따라서 미지의 시료를 구성하는 성분 원소 중 탄소와 수소의 몰수 비는 $\text{C} : \text{H} = \frac{36}{12} : \frac{6}{1} = 1 : 2$ 이다.

● 이산화탄소와 산소 기체의 몰수비 결정

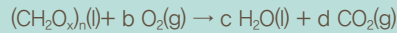
두 번째 연소 실험의 결과에서 시료 X의 완전 연소 후에 부피의 변화가 있는 것을 확인할 수 있다. 액체 시료의 부피가 기체의 부피 보다 월등히 작아서 무시할 수 있다면 연소 반응 전에는 산소(O₂) 기체의 부피가, 연소 반응 후에는 이산화탄소(CO₂) 기체의 부피가 측정된 부피와 같다.

제시문 (라)에 주어진 아보가드로의 법칙에 따라서 실험 결과로 주어진 산소 기체와 이산화탄소 기체의 부피비는 소모된 산소 기체와 생성된 이산화탄소 기체의 몰수비와 같다. 즉, 문제에 주어진 계수를 맞추지 않은 화학 반응식에서 산소 기체와 이산화탄소 기체의 몰수비(400 : 300 = 4 : 3)는 화학 반응식에서 산소 기체와 이산화탄소 기체의 계수비와 같다.

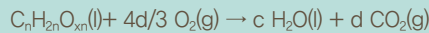
● 시료 X의 실험식의 결정.

위의 두 실험에서 얻어진 탄소 : 수소의 몰수비와, 주어진 화학 반응식에서 산소 기체와 이산화탄소 기체의 몰수비를 이용하여 시료 X의 실험식을 구하고자 한다. 미지의 시료에서의 산소의 양을 x 라 하면 시료의 실험식을 CH₂O _{x} 과 같이 나타낼 수 있다. 주어진 화학 반응식을 이용하기 위하여는 분자식을 알아야 하는데 시료의 분자식을 모르므로 위에서 주어진 시료의 실험식과 임의의 정수 n 을 이용하여 (CH₂O _{x}) _{n} 과 같이 나타내도록 하자. 이것은 C _{n} H _{$2n$} O _{xn} 을 의미한다.

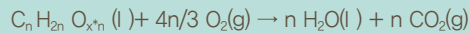
문제에 주어진 화학 반응식의 계수를 포함하여 다음과 같이 쓸 수 있다.



산소와 이산화 탄소의 계수비가 4 : 3이므로 $b : d = 4 : 3$ 이고 이를 이용하면



주어진 반응식에서 탄소의 개수를 맞추려면 $d = n$ 이고 수소의 개수를 맞추려면 $2n = 2c$, 즉 $n = c$ 이다.



이제 양변의 산소의 개수를 일치시키려면 $nx + \frac{8}{3}n = n + 2n$ 이 성립한다. 이 식을 풀면 $x = \frac{1}{3}$ 이고 실험식은 CH₂O _{$\frac{1}{3}$} 로 주어진다. 제시문 (다)에 따라서 실험식은 원자 개수의 비율을 가장 간단한 정수 비로 나타내야 하므로 시료의 실험식은 C₃H₆O가 된다.

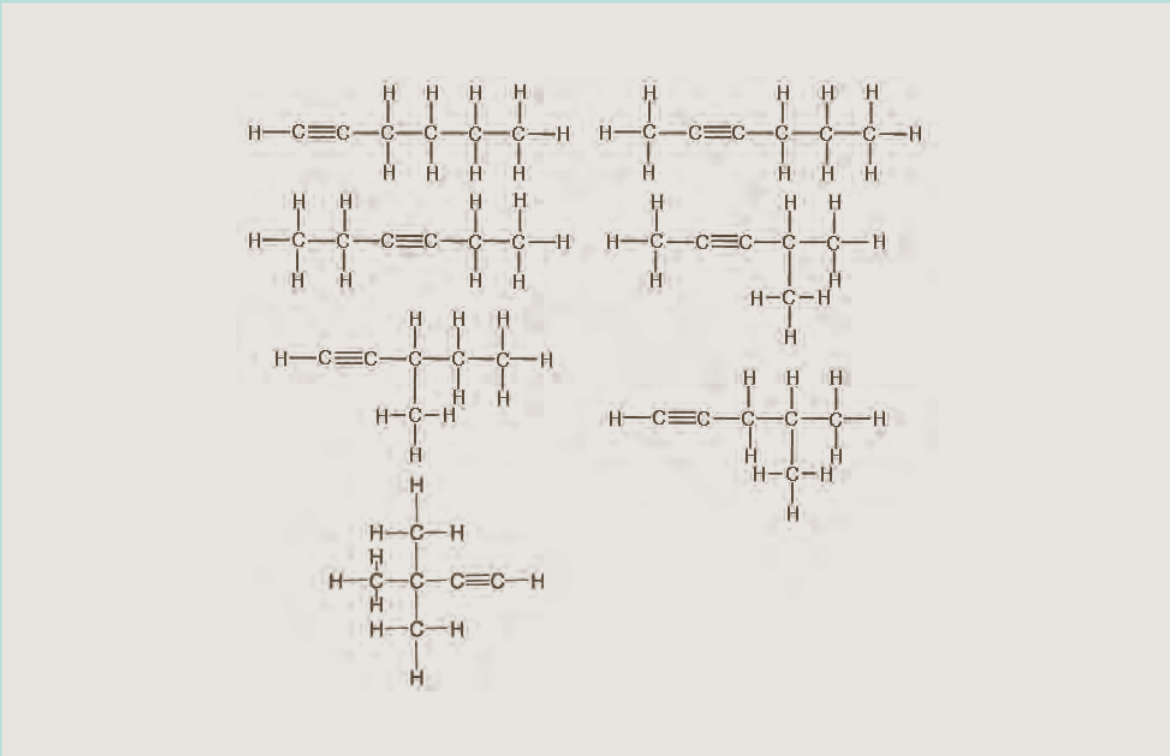
4. 문항별 예시 답안 및 채점 기준

[문제 4-1] 예시 답안

- 제시문 (나)에서 결합각의 최댓값이 180° 이면 삼중결합을 하나는 포함하고 있다는 것을 알 수 있다.
- 제시문 (가)에서 삼중 결합을 하나 가지고 있는 탄화수소의 분자식은 C_nH_{2n-2} 임을 유추할 수 있고, 이러한 탄화수소, 알카인 중에서 실험식 C_3H_5 를 가지는 탄화수소를 찾기 위하여 다음과 같은 간단한 방정식을 만들 수 있다.
- 알카인의 일반식에서 얻을 수 있는 탄소와 수소의 개수비는

$$C \text{의 개수} : H \text{의 개수} = n : 2n - 2$$

- 실험식에서 얻을 수 있는 탄소와 수소 개수의 비는 C 의 개수 : H 의 개수 = $3 : 5$
- 그러므로 $n : 2n - 2 = 3 : 5$, 이 비례식을 풀면 $5n = 6n - 6$ 이고 $n = 6$ 으로 결정된다.
- $n = 6$ 이므로 분자식은 C_6H_{10} 이고 이 탄화수소의 분자량은 제시문 (다)에 주어진 탄소와 수소의 원자량을 이용하면 $12 \times 6 + 10 \times 1 = 82 \text{ g/mol}$ 이다.
- C_6H_{10} 이 삼중 결합을 가지는 경우 7개의 구조 이성질체가 존재할 수 있다. 그 구조식은 다음과 같다.



채점 기준

- C_6H_{10} 의 분자량 82 g/mol 혹은 82를 정확히 제시하면 +5점.
 - C_6H_{10} 의 분자식을 정확히 표현하였으나 분자량 계산에 실수가 있었으면 +4점.
 - C_6H_{10} 의 분자식을 정확히 제시하지는 못했지만, 탄화수소에 삼중 결합이 존재한다, 혹은 분자식을 일반식 C_nH_{2n-2} 로 표시하여 탄화수소가 알카인이라는 것을 예측하면 +2점.
 - 위에 제시된 구조식 중에서 하나를 제시하면 +5점.
 - 예시 답안과 다른 구조식을 그렸으나 구조식의 형식을 갖추었으면 +2점.
- ※ 각 단계에서 오류가 있어도 논리성을 고려하여 부분 점수 2~3점 부여 가능.
 ※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 10점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.

[문제 4-2]

탄소와 수소의 몰수 비 결정

- 제시문 (다)에 근거하여 생성된 이산화탄소는 모두 수산화 나트륨에 의해서 흡수되므로 생성된 이산화 탄소의 양은 132 mg. 생성된 물은 모두 염화 칼슘에 의해서 흡수되므로 생성된 물의 양은 54mg이다.
- 미지의 시료에 포함된 탄소와 수소의 질량은 다음과 같다.

$$\text{탄소의 질량} = \text{생성된 이산화 탄소의 질량} \times \frac{\text{C의 원자량}}{\text{CO}_2\text{의 분자량}} = 132 \times \frac{12}{44} = 36 \text{ mg}$$

$$\text{수소의 질량} = \text{생성된 물의 질량} \times \frac{2 \times \text{H의 원자량}}{\text{H}_2\text{O의 분자량}} = 54 \times \frac{2 \times 1}{18} = 6 \text{ mg}$$

- 따라서 미지의 시료를 구성하는 성분 원소 중 탄소와 수소의 몰수 비는 $C : H = \frac{36}{12} : \frac{6}{1} = 1 : 2$

이산화탄소와 산소 기체의 몰수 비 결정

- 제시문 (라)에 근거하여 미지의 시료의 실험식은 CH_2O_x 로 나타낼 수 있고 분자식은 임의의 정수 n을 이용하여 $(CH_2O_x)_n$ 과 같이 나타낼 수 있다.
- 문제에 주어진 실험식을 이용하면 $(CH_2O_x)_n (l) + b O_2(g) \rightarrow c H_2O(l) + d CO_2(g)$ 이고 주어진 화학 반응식에서 나타나는 부피 변화는 모두 기체 상태의 물질, 즉 산소와 이산화 탄소에 의해서 결정된다.
- 제시문(다)에 근거하면 주어진 실험 결과로부터 소모된 산소와 생성된 이산화 탄소의 몰수 비가 다음과 같음을 알 수 있다.

$$\text{산소의 몰수} : \text{이산화 탄소의 몰수} = 400 : 300 = 4 : 3$$

- 이 결과로부터 위의 화학 반응식의 계수 b와 d의 관계는 $b : d = 4 : 3$ 이다.

실험식의 결정

- 시료 X의 탄소와 수소의 성분비가 1 : 2로 정해져 있으므로 위의 반응식의 균형을 맞추기 위해서는 다음의 연립 방정식을 풀어야 한다.
- 탄소의 개수에서 $d = n$, 수소의 개수에서 $n = c$, 산소의 개수에서 $nx + 2b = c + 2d$
- 산소 기체와 이산화 탄소 기체의 몰수 비에서 $b : d = 4 : 3$ 이므로 $b = \frac{4}{3}d$
- 산소의 개수를 맞추기 위해서는, $nx + \frac{8}{3}n = n + 2n$, $x = \frac{1}{3}$
- 그러므로 실험식은 $CH_2O_{1/3}$ 이고, 제시문 (가)에 근거하여 가장 간단한 정수 비로 표현하면 C_3H_6O 이다.

채점 기준

- 탄소와 수소의 몰 비를 1 : 2로 정확히 제시하면 +5점.
- 탄소와 수소의 몰 비는 틀렸으나 탄소의 질량은 이산화 탄소에서 수소의 질량은 물에서 얻어낼 수 있다는 것을 명시하면 +2점.
- 실험의 부피 비에서 산소 기체: 이산화 탄소 기체의 몰 비가 4 : 3인 것을 예측하면 +5점.
- 산소 기체 : 이산화 탄소 기체의 몰 비를 정확히 계산하지 못했지만 아보가드로 법칙을 이용하여 기체의 부피에서 몰수 비를 구하려 하였으면 +3점
- 산소 기체 : 이산화 탄소 기체의 몰 비를 제시하지 못했지만 원소 분석 실험에서 산소의 조성비를 구할 수 없다는 것을 명시하면 +2점
- 실험식 C_3H_6O 을 정확히 구했으면 +10점.
- 실험식은 틀렸으나 산소의 개수를 맞추기 위해서 $nx + \frac{8}{3}n = n + 2n$ 과 같은 식을 제시하면 +7점
- 실험식은 틀렸으나 탄소와 수소의 성분비가 일정하므로 생성된 물과 이산화 탄소의 몰수비가 같다. 즉 화학 반응식에서 c 와 d 가 같다는 것을 명시하면 +5점.
- 실험식은 틀렸으나 “탄소의 개수에서 $d = n$, 수소의 개수에서 $n = c$, 산소의 개수에서 $nx + 2b = c + 2d$ ” 와 같이 화학 반응식에서 계수 사이의 관계를 명시하면 +3점

※ 각 단계에서 오류가 있어도 논리성을 고려하여 부분 점수 2~3점 부여 가능.

※ 각 부분에서 바르게 답안을 작성한 경우에도 답안의 완성도에 따라 총점 20점 이내에서 ± 0.5 점 추가 점수 부여 가능함.