

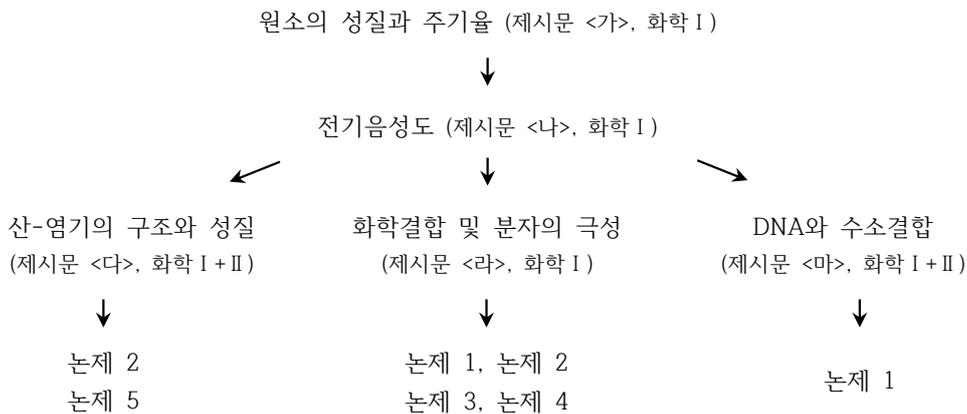


▣ 들어가며...

- 한정된 시간에 유의하라!
- 유의사항을 엄수하라!
- 문제 내용을 꼼꼼히 분석하라!
- 타당한 문제 해결방안(답안제시 및 근거확보)을 체계적으로 제시하라.
- 친절하고 명료하게, 잘 읽힐 수 있는 답안을 작성하라!

1. 문제 내용(제시문+문제) 훑어보기

- 제시문 및 문제 내용을 대략적으로 훑어본다.
- 교과 내용과 연관 지어 문제 전반을 관통하는 주제 및 맥락을 파악한다.
- 문제 전반의 내용은 화학 I 교과를 기반으로 하고 있으며, 이와 관련한 개념도를 나타내어 보면 다음과 같다.



2. 제시문 분석하기

- 제시문 전반의 맥락을 이해하고, 논제와 연관된 개별 제시문의 핵심내용을 파악한다.
- 필요시, 화학 I 및 II 교과의 관련 내용을 추출하여 보완한다.
- 이런 분석 과정을 통해 얻어진 내용을 토대로 개별 논제의 핵심 근거를 확보한다.

<가>

원자의 성질은 원자 내의 전자의 배치에 의해 결정이 되므로 특정 원자의 전자 배치를 정확히 아는 것은 이 원자의 성질을 예측하거나 설명하는데 큰 도움이 된다. 주기율표는 원자를 전자배치에 따라 일목요연하게 정리해 놓은 표이다. 주기율표에서 O, S, Se, Te와 같이 위에서 아래로 한 줄로 늘어놓은 원자들은 하나의 족(Group)에 속하며 어느 정도 유사한 화학 반응성을 지니게 되나, 각 원자들에 존재하는 전자의 개수에서 차이가 나므로 완전히 동일한 성질을 가질 수는 없다.

<가>의 분석 내용

- 제시문 핵심내용
→ 동 족(group) 원소는 전자 배치가 유사하여 화학적 성질도 유사하나, 완전히 동일하지는 않다.
- 논제 연관내용
→ [논제 1]과 관련하여, 16족 원소인 O와 S 간 유사점과 차이점에 대해 생각해본다.

<나>

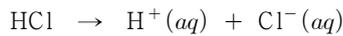
전기음성도는 분자를 구성하는 원자가 전자를 끌어들이는 정도의 정량적인 척도로서 주기율표에서의 원자의 위치를 살펴보면 전기음성도가 큰지 작은지를 금세 알 수 있다. 주기율표에서 가장 오른쪽 줄에 불활성 기체 원자들이 자리하고 있는데 이들과 가까운 위치에 자리 잡은 N, O, F와 같은 원자들은 전기음성도가 특별히 크다. 또한 같은 족에 있는 원자들의 경우 일반적으로 주기율표의 아래로 내려갈수록 전기음성도가 작아지는 경향이 있다. 반면 주기율표의 왼쪽에 위치한 H, Na, Cs 등의 원자들은 전기음성도가 작다.

<나>의 분석 내용

- 제시문 핵심내용
→ 주기율표 상 원소의 전기음성도 경향
- 논제 연관내용
→ [논제 1], [논제 2], [논제 3]과 연관하여, 원자간 전기음성도 차에 근거하여 결합의 극성을 파악한다. 나아가 그 결과를 이용하여 분자의 극성, 분자 간 상호작용 등에 대해 추론한다.

<다>

분자의 구조를 자세히 관찰하여 보면 이 분자가 산의 성질을 가질 것인지 염기의 성질을 가질 것인지를 예측할 수 있다. 예를 들어 전기음성도가 큰 Cl 원자는 전자를 강하게 끌어들이므로 안정한 Cl⁻ 음이온의 형태로 존재할 수 있어 다음의 반응이 쉽게 일어난다. 이 반응을 통하여 H⁺ 양이온이 생성되므로 HCl은 산이 된다.



한편 전기음성도가 높은 원자를 지닌 분자나 이온은 H⁺ 양이온과 쉽게 결합을 할 수 있다. 예를 들어 OH⁻는 H⁺와 결합하여 H₂O를 형성한다.

<다>의 분석 내용

- 제시문 핵심내용
→ 원자의 전기음성도를 활용하여, 산성이나 염기성을 띠는 분자나 이온의 이온화 양상에 대해 설명하고 있다. (교과 외적인 설명방식)
→ 화학 I 이나 II 교과와 관련하여, 산 및 염기의 정의 및 이온화에 대해 이해하는 것이 선행되어야 한다.
- 논제 연관내용
→ [논제 2], [논제 5]와 연관하여, 산성 또는 염기성 물질의 이온화에 대해 설명할 수 있는 기본적인 근거 확보가 가능하다.

<라>

화학결합은 구성 원자들의 종류와 전기음성도에 따라 비극성 결합과 극성 결합으로 나뉜다. 예를 들어 H-H 결합은 동일한 두 원자 간의 결합이므로 전형적인 비극성 결합이고 H-O 결합은 수소원자에 부분 양전하가 존재하고 산소 원자는 부분음전하가 존재하여 극성을 띠게 된다. 하나의 화합물 내에 존재하는 화학 결합들에서 극성의 유무와 극성의 크기, 화합물의 구조에 따라 전체 화합물의 극성이 결정된다.

<라>의 분석 내용

- 제시문 핵심내용
→ 구성 원자의 종류 및 전기음성도에 따라 결합의 극성을 파악할 수 있고, 나아가 화합물의 구조와 성질(극성)에 대해 추론 가능하다.
→ 쌍극자 모멘트를 이용하여 설명하는 것도 가능하다. (연관 교과 개념 활용)
- 논제 연관내용
→ [논제 1], [논제 2], [논제 3], [논제 4]를 해결하는 데 필요한 핵심 개념을 제시하고 있다. 따라서 전기음성도 비교를 통한 결합 및 분자의 극성 여부를 정확히 판단할 수 있는 능력이 요구된다.

<마>

분자간의 상호작용도 원자의 전기음성도에 큰 영향을 받는다. 예를 들어 수소결합은 분자 간의 아주 강한 상호작용으로서 한 분자에 존재하는 H 원자의 부분양전하와 다른 분자에 존재하는 N, O, F 원자의 부분음전하 사이의 전기적 인력에 기인한다. DNA 이중나선구조는 두 가닥의 DNA 단일구조간의 수소결합 때문에 형성되며, 물의 높은 끓는점도 수소결합에 의해 설명된다.

<마>의 분석 내용

- 제시문 핵심내용
→ 수소결합의 개념을 전기음성도와 관련하여 제안하고, DNA의 이중나선구조가 형성되는 원리를 이로써 설명한다.
- 논제 연관내용
→ [논제 1]의 DNA의 구조적 안정성과 화학적 돌연변이에 대해 이를 근거로 설명할 수 있다.

3. 논제 분석하기

- 논제 내용으로부터 질문의 핵심내용이 무엇인지 분석한다.
- 논제에서 요구하고 있는 사항이 둘 이상인 경우도 있음에 유의한다.
- 논제에서도 문제 해결을 위한 실마리를 제시하는 경우가 많으니, 꼼꼼히 확인한다.
- 논제 상호 간에도 연관성이 깊은 경우가 많다. 특히 앞 논제와 관련한 내용이 뒤이은 논제에 적용되는 경우가 많음에 유의해야 한다.

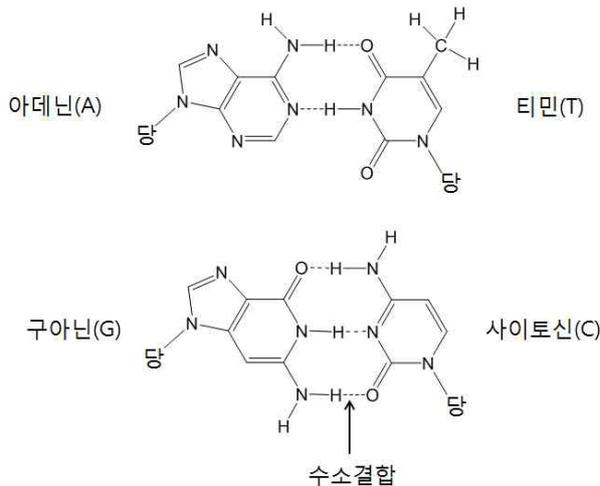
+

4. 해결방안 제시하기

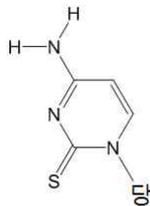
- 제시문의 내용과 관련 교과 개념을 활용하여, 분석한 논제의 답안을 근거와 함께 개략적으로 제시해 본다.
- 논술의 답은 논리적인 서술이어야 한다. 단, 논리라는 표현에 크게 얽매이지 말자.
- 중요한 것은 내가 제안한 답과 그에 대한 근거를 제시하는데 있어, 인과 관계를 고려한 절차에 맞춰 단계별로 제시해야 함을 명심하자.

[논제 1]

DNA 이중나선구조는 다음과 같이 DNA 단일구조에 존재하는 A-T 및 C-G 수소결합 때문에 형성되며 상온에서 아주 안정하다.



[그림 1. DNA 염기 간 수소결합]



[그림 2. 변형 사이토신]

만약 사이토신이 다음과 같은 화학구조로 대체된다면 DNA 이중나선구조가 더욱 안정해질 것인지 아니면 불안정해질 것인지 예측하고 그 이유를 논술하시오.

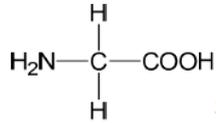
[논제 1]의 분석 내용

- 논제 핵심내용
→ 한 쌍의 DNA 가닥은 A=T, G≡C 간 수소결합을 통해 이중나선을 형성하며 안정화된다.
→ 사이토신의 O=C 부위가 S=C로 변환될 경우 DNA의 구조적 안정성은?
- 연관 제시문
→ <가>, <나>, <라>, <마>
- 논제 해결방안
① DNA는 단일 가닥 간 강한 상호작용, 즉 상보적 수소결합(A=T, G≡C)을 통해 이중나선구조를 형성함으로써, DNA 암호역할을 하는 염기를 보호하는 등 안정성에 큰 기여를 하고 있다.
② 사이토신(C)은 구아닌(G)과 상보적으로 삼중수소결합을 형성한다. 이는 결합을 이루는 원자 간 전기음성도 차에 기인한다.
$$\delta^- \delta^+ \delta^- \delta^+$$

(구아닌-)N-H...O=C(-사이토신)
③ 원자 간 전기음성도 경향은 다음과 같다.
 $O(3.5) > N(3.0) > S(2.5) \approx C(2.5) > H(2.1)$
단, 실제 S는 C에 비해 전기음성도가 근소하게 크지만, 교과 범위 내에선 같은 값을 지닌 것으로 나타내곤 한다.
④ 만약 사이토신의 O=C 부위가 S=C로 대체된다면 S와 C 간 전기음성도 차이가 거의 나타나지 않으므로, S=C 내 극성이 현저히 약화되고, 결국 구아닌의 N-H 부위와 수소결합을 형성하기가 어려워진다.
⑤ 따라서 사이토신과 구아닌 간 수소결합 수 감소에 의한 DNA 나선 내부의 상호인력이 약화되어, DNA 안정성이 감소할 것이다.

[문제 2]

아미노산은 한 분자 내에 $-NH_2$ 와 $-COOH$ 를 동시에 가지는 분자이다. 다음의 구조를 가지는 아미노산 분자를 증류수에 녹이면 전기 전도도는 순수한 증류수에 비하여 증가하게 된다. 그 이유를 수용액상 아미노산 분자의 구조변화에 근거하여 논술했시오. 또한 아미노산 분자의 구조변화를 분자 내에 존재하는 원자들의 극성과 연관 지어 설명하시오.



[문제 2]의 분석 내용

• 문제 핵심내용

→ 아미노산 한 분자 내에는 염기성 원자단 ($-NH_2$)과 산성 원자단($-COOH$)이 동시에 존재한다.

→ 이러한 아미노산이 물에 녹아 수용액을 형성할 경우, 물과의 상호작용을 통해 위 두 원자단의 이온화가 진행될 수 있다.

→ 순수 증류수에는 전하를 운반할 이온종이 거의 없어 전도성이 없으나, 아미노산 수용액은 아미노산의 이온화로 인해 전도성이 증가한다.

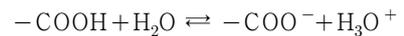
→ 수용액상 아미노산 분자의 극성 및 구조변화에 근거한 전기 전도성의 증가 이유에 대해 설명하라.

• 연관 제시문

→ <가>, <나>, <다>

• 문제 해결방안

① 수용액 상태에서 아미노산의 이온화는 다음과 같이 진행될 수 있다.



② 이때 두 극성 작용기 중 $-COOH$ 는 전기음성도가 큰 산소 원자의 존재로 인해 (-)이온이 되며 H^+ 을 쉽게 내놓고, 상대적으로 전기음성도가 작은 질소 원자를 지닌 $-NH_2$ 는 H^+ 을 얻어 (+)이온이 된다.

③ 실제 두 원자단(작용기)의 이온화 정도에는 다소 차이가 있을 수 있다.

④ 따라서 수용액에는 양쪽에 $-COO^-$ 와 $-NH_3^+$ 을 동시에 지닌 형태, 한쪽에만 각각 $-COO^-$ 를 지닌 음이온 형태, 또 한쪽에만 $-NH_3^+$ 를 지닌 양이온 형태의 아미노산이 존재할 수 있다. 더하여 물 분자로부터 생성된 H^+ 나 OH^- 도 존재하는 것이 가능하다.

[문제 3]

이산화탄소 CO₂는 상온, 상압에서 기체로 존재하며 같은 조건에서 물에 잘 녹지 않는다. 화학결합의 극성이라는 논거만 이용하여 이산화탄소의 구조를 예측하시오.

[문제 3]의 분석 내용

• 문제 핵심내용
 → 무극성 기체로 알고 있는 CO₂의 구조를 암기하고 있는 사실이 아닌, 화학결합의 극성 특면에서 논증(증명)하도록 요구하는 문제임에 유의해야 한다.
 → 화학결합의 극성과 분자의 극성을 판별할 수 있는 능력이 요구된다.

• 연관 제시문
 → <가>, <나>, <라>

• 문제 해결방안
 ① CO₂는 C원자 1개, O원자 2개로 이루어져 있다. 따라서 공유결합을 통한 가능한 원자 배치는 다음과 같다.
 (1) C-O-O or (2) O-C-O
 ② 이때 구성 원소의 전기음성도 경향은 O > C이므로, 산소 간(O-O)에는 무극성 결합, 탄소와 산소 간(C-O)에는 극성 결합을 형성할 수 있다.
 ③ 만약 (1)과 같이 C-O-O식의 결합 배치를 지닌다면 CO₂는 극성 분자가 되어, 극성 용매인 물에 잘 녹을 것이다. 이는 사실과 배치된다.
 ④ 따라서 CO₂는 (2)와 같은 O-C-O식의 결합 배치를 지닐 것이며, 원자가전자수(C 4개, O 6개)와 옥텟 규칙을 고려하면 C와 O 사이에는 이중결합이 형성될 것이다. 또한 원자가껍질전자쌍 반발원리에 근거하면 직선형 분자 구조를 지닐 것으로 예상할 수 있다.
 ← →
 O=C=O
 ⑤ 이 경우, 분자 내 쌍극자 모멘트가 상쇄되어 분자는 무극성을 띠게 된다.

[문제 4]

CO_3^{2-} 는 이산화탄소와 마찬가지로 탄소와 산소만으로 이루어져 있으나 물에 잘 녹는다. 이 물질이 극성을 띠는지 아닌지 화학구조를 이용하여 설명하시오.

[문제 4]의 분석 내용

• 문제 핵심내용

→ 탄산 이온(CO_3^{2-})이 물에 대한 용해도가 높은 이유에 대해 논증하도록 요구하고 있다.

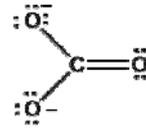
→ 단순히 이온이기 때문에 잘 녹는다는 답을 요구하는 것이 아니라, 분자 이온의 구조(루이스 구조)를 이용하여 극성 여부를 판별한 후, 답안을 제시하도록 명시하고 있다.

• 연관 제시문

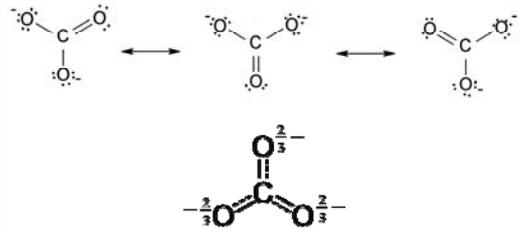
→ <가>, <나>, <라>

• 문제 해결방안

① CO_3^{2-} 의 분자 구조를 성분 원자의 원자가 전자수, 옥텟규칙, 전자쌍반발원리 등에 근거하여 제안한다.



② 이때 분자 내부에 전자쌍의 비편재화에 따른 공명 혼성구조를 제안할 수 있다.



③ 공명구조를 이해한다면 CO_3^{2-} 는 정삼각형 대칭구조를 이루고 있음을 알 수 있고, 그 결과 세 방향의 쌍극자 모멘트가 상쇄되어 무극성 분자 이온을 형성함을 알 수 있다.

④ 다만, 쌍극자 모멘트의 합은 0이지만, 분자 이온의 특성상 산소 원자에 편재된 전하로 인해 물 분자와 쉽게 이온-쌍극자 인력 및 수소결합을 형성할 수 있음에 유의하면, 물에 대한 용해도가 높은 이유도 추론 가능하다.

[문제 5]

CO₂를 산성 용액과 염기성 용액에 용해시킬 경우, 어떤 용액에서 더 높은 용해도를 보일지 예측하고 그 이유를 설명하시오.

[문제 5]의 분석 내용

- 문제 핵심내용
 - 무극성 기체인 CO₂는 순수 증류수에 대한 용해도가 낮다. 다만 수용액의 액성이 달라지면 용해도에 변화가 생길 수 있다.
 - 산성 혹은 염기성 수용액 중 어떤 용액에서 CO₂가 더 잘 용해될지 예측하는 문제이다.
 - 제시문에는 문제 해결을 위한 핵심적인 실마리가 제공되지 않아, 자신이 습득한 화학 교과 내용을 통해 근거를 보완해야 한다.
- 연관 제시문
 - <다>, <마> + ‘화학Ⅱ 산의 이온화 평형’
- 문제 해결방안
 - ① 흔히 산성 기체로 알고 있는 CO₂는 무극성 분자로서, 물에 대한 용해도가 낮다.
 - ② 미량이나마 용해된 CO₂는 다음과 같이 물과 반응하여 이온화 되는 것이 가능하다.

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$$

$$\rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$$
 - ③ 이때 수용액 속에 OH⁻를 낼 수 있는 염기성 물질이 함께 용해되어 있다면, OH⁻는 H⁺을 제거하게 된다. 그 결과 화학평형 이동의 원리인 르샤틀리에의 원리에 근거하여 이온화 평형은 오른쪽, 즉 정반응이 진행되는 방향으로 평형이 이동하게 된다.
 - ④ 결국, 염기성 수용액에서 CO₂는 더 잘 녹게 되는 것이다.
 - ⑤ 일종의 중화반응으로 설명하는 것도 가능하다.