

1. 구조와 결합

[연습문제 해설과 답]

1. 루이스 구조식 : ③

CO_3^{2-} 평면 삼각형, NF_3 삼각 피라미드형, NO_2^+ 선형이고, BrF_3 의 자동 이온화로 인해 생기는 BrF_2^+ 구조는 물 분자처럼 굽은 형, BrF_4^- 구조는 평면 사각형이다. O_3 와 NO_2^- 는 굽은 형, SO_4^{2-} 는 사면체형이다.

2. SO_2 구조 : ①

SO_2 는 $\text{:}\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{S}}-\ddot{\text{O}}\text{:}$ \longleftrightarrow $\text{:}\ddot{\text{O}}-\ddot{\text{S}}=\ddot{\text{O}}\text{:}$ \longleftrightarrow $\text{:}\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{S}}=\ddot{\text{O}}\text{:}$ 와 같이 중심 원소인 S가 3주기 원소이므로 옥텟을 초과하는 공명 구조도 가질 수 있다. 중앙의 공명 구조에서는 황(S)의 형식 전하가 +1이지만, 가장 오른쪽 공명 구조에서는 황의 형식 전하가 0이다. S와 O 사이에는 이중 결합과 단일 결합의 중간적 길이를 나타낸다.

3. 알렌의 구조 : ②

알렌은 중심 탄소가 sp 혼성 구조를 가지고 여분의 두 p 오비탈($2p_x$, $2p_y$)이 각각 sp^2 혼성 오비탈을 가진 양끝 탄소와 π 결합을 만들어 양끝 탄소의 혼성 오비탈은 서로 직각이며, z 축은 핵 간 축으로 결정한다.

4. 알릴 탄소 양이온 : ①

알릴 탄소 양이온은 $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2^+$ \longleftrightarrow $\text{H}_2\text{C}^+-\text{CH}=\text{CH}_2$ 과 같이 공명 구조를 이루며 모든 탄소 원자는 sp^2 혼성 오비탈을 가진다. 각 탄소에는 p 오비탈이 있고 전자가 있지만, + 전하를 띠는 탄소의 p 오비탈을 비어 있다. 모든 탄소 원자는 동일 평면에 있으며 전자를 추가해도 공명 구조는 변함이 없다.

5. $-\text{COOH}$ 를 가진 화합물의 혼성 : ①

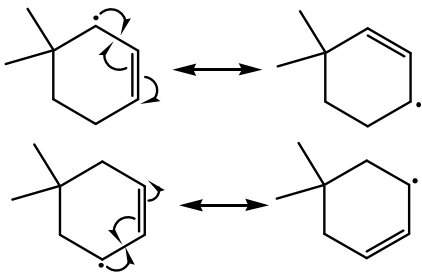
(가)와 (나)에 들어 있는 탄소는 sp^3 혼성 오비탈을 가지지만, $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—OH}$ 에서 탄소의 혼성은 sp^2 이다. 혼성 오비탈 생성과 원소의 종류는 상관 없다. $-\text{COOH}$ 에서 탄소와 이중 결합하고 있는 산소의 혼성 오비탈은 sp^2 , 탄소와 단일 결합하고 있는 산소의 혼성 오비탈은 sp^3 이다.

6. 콘쥬게이션 다이엔 : ①

1, 3-뷰타다이엔($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$)의 각 탄소 원자는 모두 sp^2 혼성 궤도함수를 사용하고 C2-C3 결합은 단일 결합으로 s-cis, s-trans 이형태체가 존재할 수 있다.

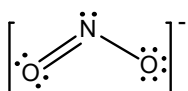
7. 알릴 자리 : ④

알릴 자리는 탄소 간 이중 결합 바로 옆 탄소 자리인데 수소 원자가 쉽게 제거되어 라디칼을 형성하며 공명 구조를 가진다. 그림은 알릴 탄소 위치의 수소 원자가 제거된 상태의 공명 구조이다.

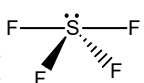


8. 루이스 구조 : ②

아질산 이온(NO_2^-)의 루이스 구조식은 오존(O_3)과 같은 구조를 가져 질소 원자에 비공유 전자쌍을 가진다.



9. 형식 전하 : ④

SF_4 의 구조는 시소형()으로 형식 전하는 S와 F 원자가 전자 수와 모두 0이다.

10. C_2H_4 분자의 결합 : ⑤

C_2H_4 분자는 $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ 와 같은 구조로 탄소 사이에는 sp^2 혼성 오비탈로 σ 결합을 형성하고, 탄소와 수소 사이에는 탄소의 sp^2 와 수소의 $1s$ 오비탈 사이에 σ 결합을 형성한다. 탄소 사이에는 p 오비탈끼리 핵 간 축을 벗어나 겹치는 π 오비탈을 만들어 탄소 사이에는 이중 결합이 생성되며, 수소 원자는 혼성 오비탈을 형성할 수 없다.

11. 알케인, 알켄, 알카인의 혼성 궤도함수 : ①

알케인, 알켄, 알카인의 대표적 분자인 C_2H_6 (에테인), C_2H_4 (에텐, 에틸렌), C_2H_2 (에타인, 아세틸렌)에 대해 탄소의 혼성 궤도함수는 차례로 sp^3 , sp^2 , sp 이다.

12. 콘쥬게이션 : ②

콘쥬게이션은 이중 결합과 단일 결합이 번갈아 나타나는 것을 뜻한다.

2. 유기 산과 염기

[연습 문제 해설과 답]

1. 루이스 염기 : ④

루이스 염기는 비공유 전자쌍을 보유하고 있어 그것을 제공할 수 있는 물질을 가리키는데, 주어진 화합물은 산소 원자에 비공유 전자쌍을 가지고 있다.

2. 헤테로 고리 화합물 : ③

피리딘이나 피리미딘((가), (나))에서 질소가 루이스 염기로 작용할 수 있는 비공유 전자쌍은 sp^2 혼성 오비탈을 구성하며 고리 외부로 향하는 경우이다. 퓨란((다))의 경우 두 쌍의 비공유 전자쌍 중 한 쌍은 루이스 염기로 작용할 수 있고, 나머지 한 쌍(p 오비탈)은 공명 구조에 참여해 루이스 염기로 작용하기 어렵다. 염기 세기가 (가)<(나)인 것은 (나)에는 비공유 전자쌍이 더 많기 때문이다. (다)의 비공유 전자쌍 2쌍 중 한 쌍은 고리의 공명 구조에 참여해 루이스 염기로 작용하기 어렵다. 고리에 공명 구조에 참여하고 있는 p 오비탈 전자 수가 $4n+2$ 이고 단일 고리를 형성하고 질소와 산소가 들어 있는 경우 헤테로 방향족 고리이다.

3. pK_a 와 반응 진행 : ③

pK_a 가 작을수록 산의 세기가 세고 반응물에 센 산, 생성물에 약한 산이 있으면 양성자(H^+) 이동에 따른 정반응이 진행되기 쉽다. ③에서 아세트산(CH_3COCH_3)의 pK_a 가 19, 암모니아(NH_3)가 36이므로 정반응 진행이 예상된다.

4. 질소 유기 염기 : ②

피리딘에서 고리를 구성하는 탄소 원자와 질소 원자의 혼성 오비탈은 sp^2 를 가지고 고리를 구성하는 π 오비탈 전자는 p 오비탈을 점유하고 있다. 피리딘의 비공유 전자쌍은 sp^2 를 점유한다.

5. 엔올-케토 토토머리즘 : ③

카보닐 탄소의 α 위치 탄소의 수소는 약간 산성을 가지고 있어 이탈할 수 있고 pK_a 값은 아세트산이 19, NH_3 가 36이므로 아마이드 이온(NH_2^-)이 아세트산에서 양성자를 떼어낼 수 있다. 양성자가 떨어진 상태에서는 엔올-케토 토토머리즘이 형성된다.

6. 아세트산과 황산 : ⑤

아세트산($CH_3-C(=O)OH$)의 두 산소 원자는 모두 비공유 전자쌍을 가지고 있고, 수소 이온(H^+)이 결합할 수 있으며, 두 산소 이온 중 $C=O$ 결합쪽 산소에 양성자가 결합하면 공명 구조를 가질 수 있다. 양성자가 황산에서 아세트산으로 이동하므로 아세트산이 염기로 작용한다.

7. 염의 가수 분해와 pH : ⑤

NaA가 물에 들어가면 완전히 이온화하여 $A^- + H_2O \rightleftharpoons HA + OH^-$ 와 같은 가수 분해 반응을 한다. 처음 $[A^-] = 0.10 \text{ M}$ 이므로 가수 분해를 x 만큼 진행한다면 $K_b = \frac{x^2}{0.10 - x}$ 이고, $K_a K_b = K_w$ 또는 $pK_a + pK_b = 14$ 에서 $pK_b = 9.00$ 을 구한다. $pOH = pK_b + \log \frac{[HA]}{[A^-]}$ 이므로, $pOH = 5.00$ 이고 $pH = 9.00$ 이다.

8. 질소 화합물의 염기성 : ①

(나)~(라)는 고리 밖을 향하는 비공유 전자쌍이 있고, (마)의 질소에는 비공유 전자쌍이 sp^3 혼성 오비탈을 점유하고 있지만, (가)의 비공유 전자쌍은 p 오비탈을 점유하며 공명 구조에 참여해 루이스 염기로 작용하기 어렵다.

9. 분자 구조와 산의 세기 : ③

짝염기가 안정하면 상대적으로 짝산이 양성자를 내어놓기 쉽다. ③에서 짝염기인 BrO^- , ClO^- 의 안정성을 비교하면 전기 음성도가 $Cl > Br$ 이므로 염소(Cl)가 산소를 도와 음전하를 더욱 안정화시킬 수 있다.

10. 산의 세기와 혼성 오비탈 : ①

혼성 오비탈의 s 함량이 클수록 산의 세기가 세고 pK_a 값이 작다. 탄소 원자의 혼성은 CH_3CH_3 가 sp^3 , CH_2CH_2 는 sp^2 , $CHCH$ 가 sp 이므로 혼성 오비탈의 s 함량을 고려해 pK_a 크기는 $CH_3CH_3 > CH_2CH_2 > CHCH$ 이다.

11. 아민류의 염기도 : ⑤

아닐린($C_6H_5NH_2$)의 벤젠 고리에 알킬기가 결합하면 알킬기가 전자를 밀어주는 효과가 벤젠 고리의 반응성을 증가시킨다. 이 때문에 아미노기에 있는 비공유 전자쌍이 루이스 염기로 작용할 가능성이 커져 염기성이 증가한다.

12. 산의 세기와 pK_a : ③

pK_a 값이 작을수록 센 산이므로 산의 세기는 $HB > HA > HC$ 순이다.

3. 입체 화학

[연습 문제 해설과 답]

1. 이성질체 : ④

C_2H_5OH 와 CH_3OCH_3 는 작용기가 서로 다른 구조 이성질체이고 $CH_3CH=CHCH_3$ 분자에는 cis와 trans 두 가지 이성질체가 존재하며, 알라닌($H_2N-\overset{\overset{CO_2H}{|}}{CH}CH_3$)에서 α -탄소는 카이랄 탄소이다. 카이랄 탄소가 2개이면 최대 4개의 이성질체가 존재할 수 있지만, 대부분 부분 이성질체 관계이고 모두 광학 이성질체인 것은 아니다.

2. 입체 중심의 개수 : ①

탄소 화합물에서 입체 중심이 존재하려면 결합하고 있는 4가지가 모두 달라야 하고, 서로 차이가 날 때까지 구분한다. 입체 중심의 수는 ①이 2개, ②는 2개, ③, ④의 경우는 0개이다.

3. 치환기의 우선 순위 : ①

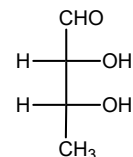
입체 중심을 구분하기 위해 직접 결합한 치환기의 원자 번호가 큰 것이 우선이고, 다중 결합을 한 경우는 다중 결합 수만큼 원소가 결합하고 있다고 본다. 우선 순위가 높은 것부터 부등호를 써서 나타내면 $Cl > OH > COOH > CHO$ 순이다.

4. 입체 구조 표현과 R, S 배열 : ④

R, S 배열은 $HOOC-\overset{\overset{NH_2}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-CH_2OH$ (R), $HOOC-\overset{\overset{Cl}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CHO$ (R), $HOOC-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-CH_2OH$ (S), $HOOC-\overset{\overset{NH_2}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-OH$ (R)이다.

5. Fischer 투영식 : ①

오른쪽 그림에서 입체 중심의 R, S를 판정할 때, 네 번째 우선 순위를 가진 수소(H)가 종이면에서 돌출되었는데, 두 번째 탄소는 R이고, 세 번째 탄소가 R이므로 (2R, 3R)이다.



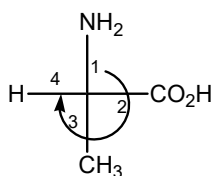
6. 메조 화합물(meso compound) : ①

②, ④번은 입체 중심이 없고, ③에서는 분자 내 대칭면이 없다. 입체 중심이 존재하려면 탄소에 결합한 4가지가 모두 서로 달라야 한다.

7. Tartaric acid의 구조 : ②

(가)와 (나)는 거울상이 일치하므로 같은 분자이고, (다)와 (라)는 거울상 이성질체 관계가 성립한다. (가), (나)와 (다), (라) 사이에는 부분 입체 이성질체 관계가 성립한다. (다)에서 절대 배열은 C2가 R, C3가 S이다. Tartaric acid의 카이랄 중심이 2개이지만 (가)와 (나)가 메조 화합물이므로 이성질체 개수는 3개이다.

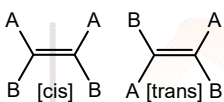
8. Fischer 투영식과 R, S 배열 : ①



돌출된 4 순위 수소를 중심으로 시계 방향(R)이므로 S 배열이 타당하다.

9. 뷰테인의 이성질체 : ①

뷰테인(C_4H_{10})의 구조 이성질체는 *n-Butane*(가)과 *iso-Butane*(나)가 있다. cis-trans 이성질

체는 $C=C$ 결합 주위로 같은 방향과 건너편으로  배열되는 것이고, 착물의 팔면체형에서 Ma_3b_3 구조의 경우 fac-mer 이성질체를 가진다. 거울상 이성질체는 거울상이 서로 다른 분자를 가져 유기 화합물에서는 입체 중심 탄소를 가지는 경우이고, 부분 입체 이성질체는 입체 중심 탄소가 2개 이상 있을 때 통상 작용기 위치가 일부만 바뀌는 경우 나타난다.

10. 메조 화합물 : ⑤

메조 화합물을 가지는 경우는 입체 중심이 존재해야 하는데, ⑤번 화합물에는 입체 중심이 존재하지 않는다.

11. Trimethylcyclohexene의 R, S : ③

입체 중심 탄소에 결합한 작용기의 원자 번호가 큰 게 우선 순위이고, 차이가 날 때까지 비교하는데, 다중 결합은 다중 결합 수만큼 그 원소가 결합한 것으로 본다.

12. 광학 이성질체 개수 : ④

입체 중심 개수가 n 일 때 최대 입체 이성질체 개수는 2^n 이므로 $2^4 = 16$ 이므로 입체 이성질체 개수는 16개이다.