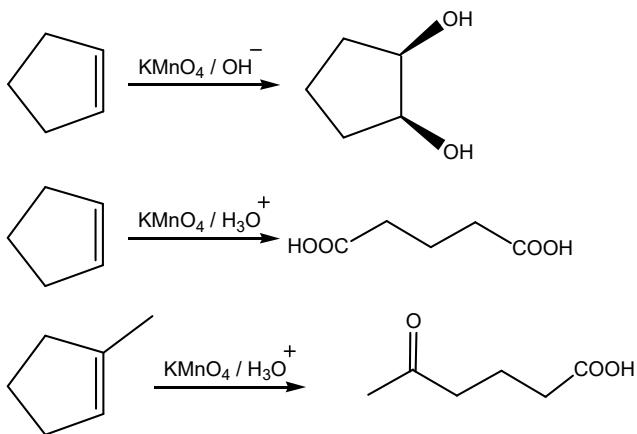


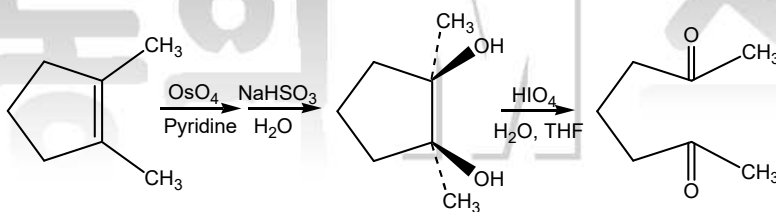
## 5. 유기 반응과 유기 합성

### 5.1. 알켄의 산화 반응과 중합 반응

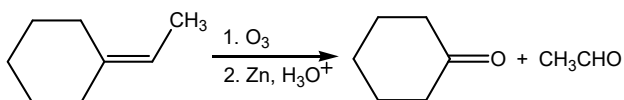
#### (1) $\text{KMnO}_4$ 와 알켄의 반응



(2)  $\text{OsO}_4$ 와 알켄의 반응 : 알켄을  $\text{OsO}_4$ 로 산화시키면 cis-diol이 생성되고, 1,2-다이올을  $\text{HIO}_4$ 로 분해할 수 있다.



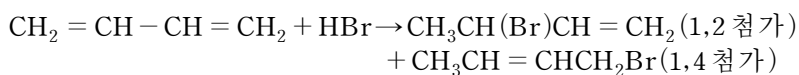
(3) 가오존 분해 반응 : 오존을 알켄과 반응시키면 케톤 또는 알데하이드가 생성된다.



### 5.2. 콘쥬게이션 다이엔과 벤질 자리 수소의 산화

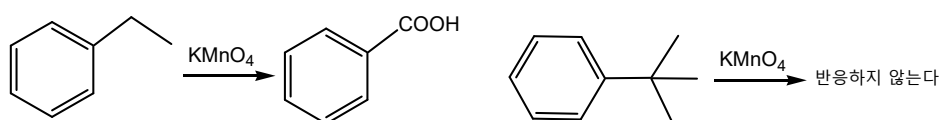
#### (1) 콘쥬게이션 다이엔의 첨가 반응

- 콘쥬게이션 다이엔에 첨가 반응을 할 때 알릴성 탄소 양이온의 안정성 때문에 1,2-첨가물과 1,4-첨가물이 모두 생성된다.



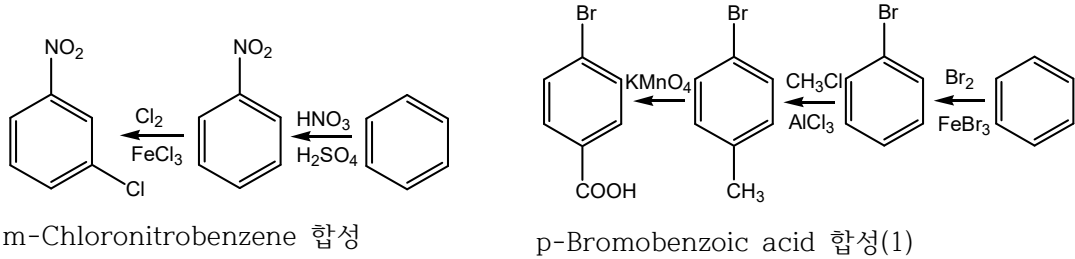
#### (2) 벤질 자리 수소의 산화

- 에틸벤젠과 같이 벤질 자리에 수소가 있을 때  $\text{KMnO}_4$ 로 처리하면 벤조산을 얻을 수 있다.

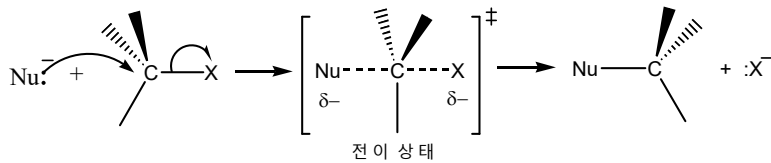


## 5.3. 벤젠 2치환체 합성

## (1) 역합성



## 5.4. 친핵성 치환 반응

(1)  $S_N2$  반응

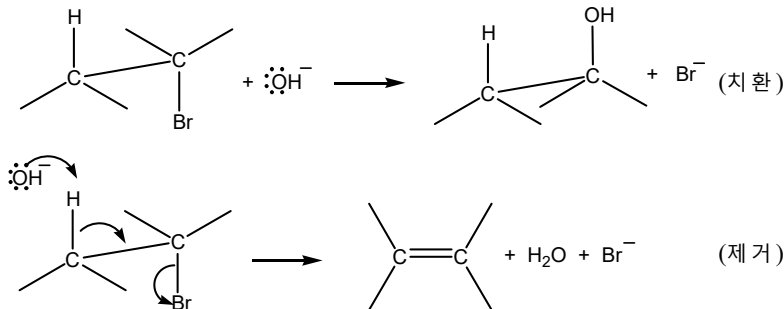
- 기질의 반응성 :  $\text{CH}_3 - \text{X} > \text{RCH}_2 - \text{X} > \text{R}_2\text{CH} - \text{X} > \text{Neopentyl} > \text{R}_3\text{C} - \text{X}$

(2)  $S_N1$  반응 : 탄소 양이온의 반응성  $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ > \text{CH}_3^+$ 

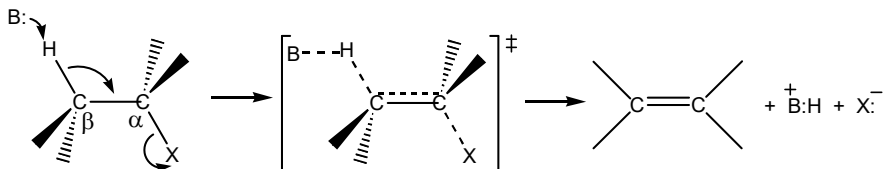
## 5.5. 제거 반응

(1)  $E2$  반응

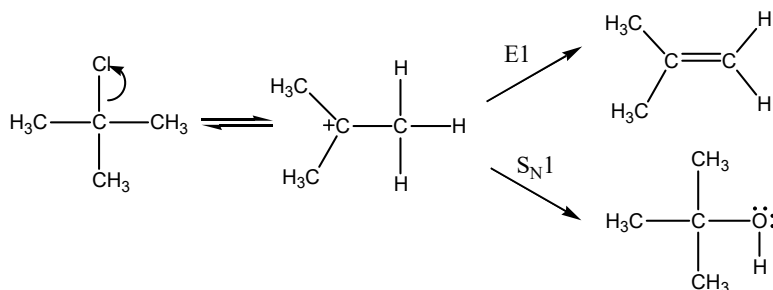
- 제거 반응과 치환 반응 비교



- 할로젠화알킬을  $\text{OH}^-$  또는 알콕시화 이온( $\text{RO}^-$ )으로 처리할 때

(2)  $E1$  반응

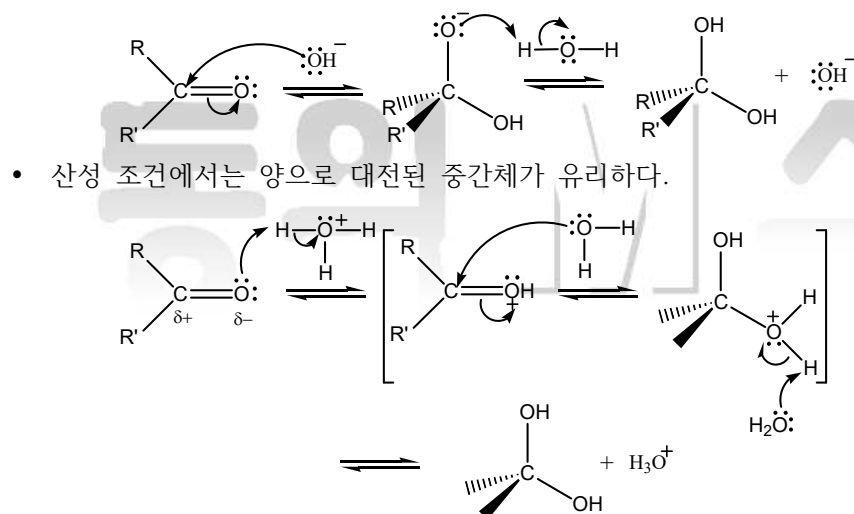
- 2-chloro-2-methylpropane으로부터  $\text{HCl}$  제거 반응



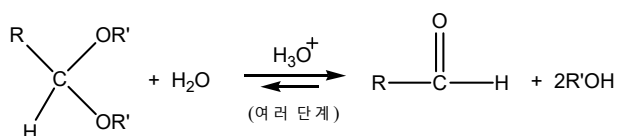
## 5.6. 알데하이드와 케톤

(1) 알데하이드와 케톤 생성 반응 : 1차 알코올이 산화하면 알데하이드를 거쳐 카복실산이 생성되고, 2차 알코올이 산화하면 케톤이 생성되고, 3차 알코올은 산화제에 의한 산화 반응을 하지 않는다.

(2) 카보닐기에 대한 친핵성 첨가 반응 : 음으로 대전된 친핵체는 카보닐 탄소를 공격해 사면체형 중간체를 형성하며, 염기성 조건에서는 음으로 대전된 중간체가 유리하다.

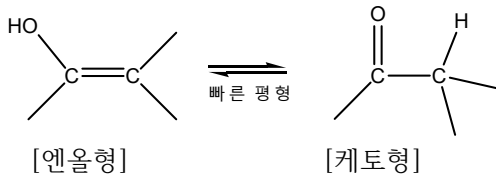


(3) 헤미아세탈과 아세탈 : 헤미아세탈(hemiacetal, 반아세탈)은 알코올이 알데하이드나 케톤의 카보닐 탄소에 친핵성 첨가 반응을 한 결과, 한 탄소에  $-\text{OH}$ 와  $-\text{OR}$ 이 붙어 있는 물질이며, 산이나 염기를 촉매로 헤미아세탈이 형성된다. 알데하이드로부터 아세탈을 만드는 모든 단계들은 가역적이며, 아세탈은 물 속에서 소량의 산에 의해 가수분해된다.

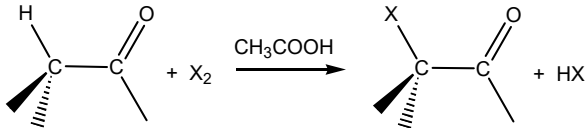


(4) 카보닐 알파 치환 반응

• 엔올-케토 토타머화(enol-keto tautomerism) : 엔올(enol)과 케토형은 빠르게 평형을 이루며 전환되지만 대부분 케토형이 안정한 상태로 존재하고 중성 상태에서 엔올형은 분리하기 어렵다.



- 알데하이드, 케톤은 산성 용액에서  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$ 와 반응해  $\alpha$  위치가 치환으로 할로젠화한다.

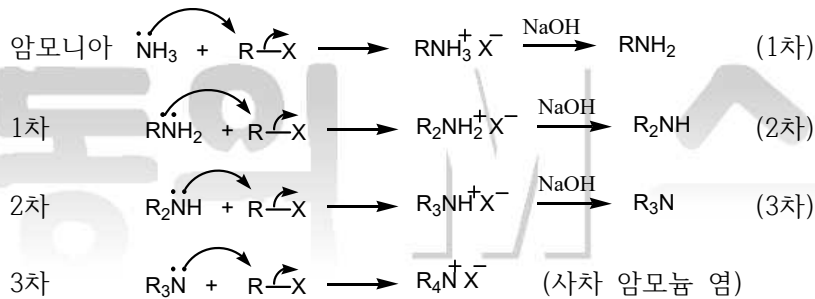


### 5.7. 아민

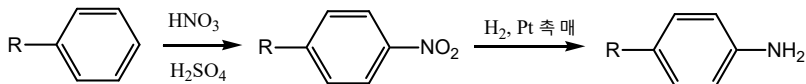
(1) 아민의 염기성 : 아민의 염기도는 질소가 가진 고립 전자쌍이 원인이며 친핵성이다.

(2) 아민 합성

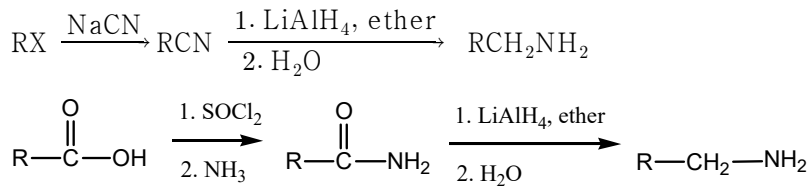
- 아민과 할로젠화알킬의  $S_N2$  반응



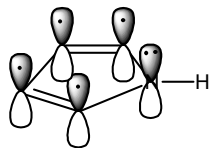
- 방향족 아민 합성



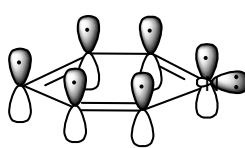
- 나이트릴과 아마이드 환원 반응



(3) 방향성 헤테로 고리 아민



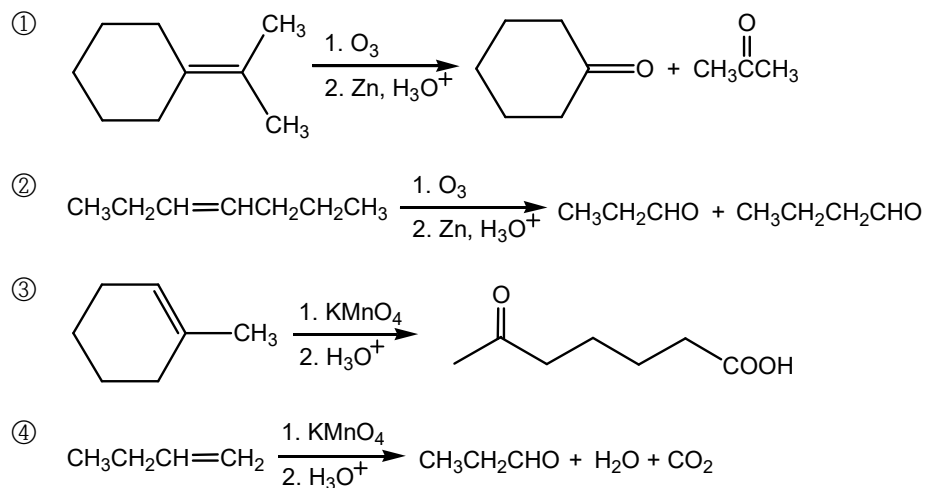
[피롤의 방향성]



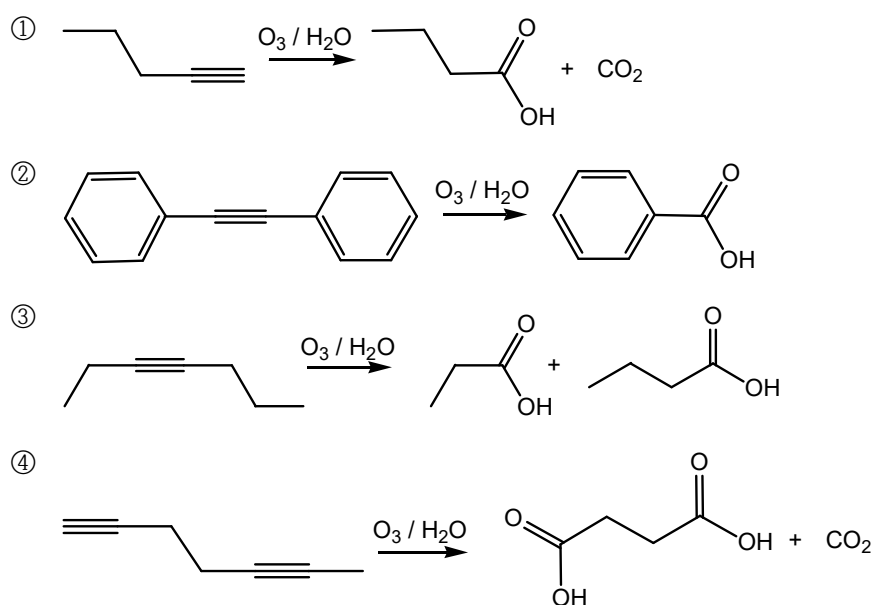
[피리딘의 방향성]

[연습 문제]

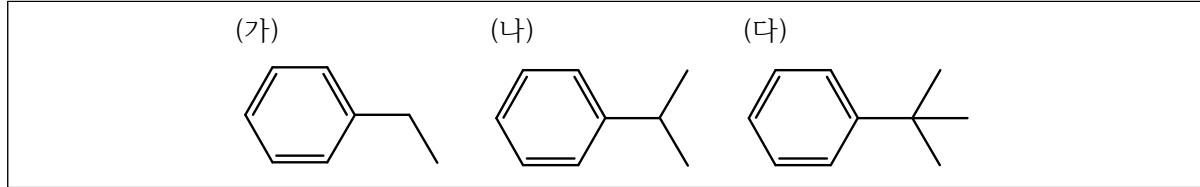
1. 다음은 알켄에 대하여 산화제를 이용한 반응을 나타낸 것이다. 각 반응의 주생성물에 대하여 바르게 예측하지 못한 것은?



2. 알카인도  $\sigma$  결합과  $\pi$  결합을 가져 오존에 의해 산화성 분해를 일으킨다. 다음 각 알카인의 산화성 분해 결과를 바르게 나타내지 못한 것은?

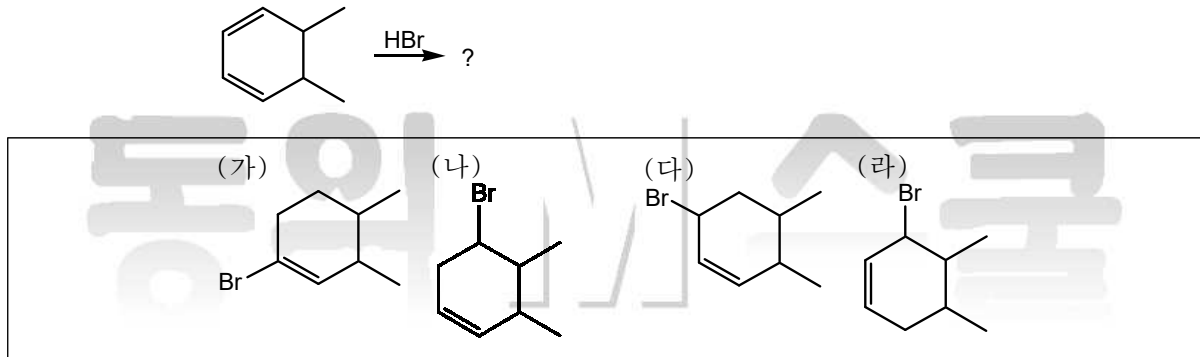


3. 벤조산( $C_6H_5COOH$ )을 얻을 수 있는 방법은 다양하다. 예컨대, 톨루엔을  $KMnO_4$ 와 같은 산화제로 산화시키면 벤조산을 얻을 수 있다. 다음 (가)~(다)로부터 벤조산을 얻을 수 있는 것만을 있는 대로 고른 것은?



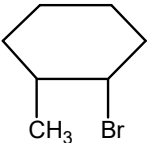
- ① (가)      ② (나)      ③ (가), (나)      ④ (나), (다)      ⑤ (가), (나), (다)

4. 다음 화합물 1몰에  $HBr$  1몰을 첨가한 결과 생성된 물질을 있는 대로 모두 고른 것은?



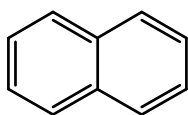
- ① (가), (나)      ② (나), (다)      ③ (나), (라)      ④ (다), (라)

5.  $S_N2$  반응에서 친핵체가 공격하는 방향은 탄소에 결합한 이탈기의 반대 방향( $180^\circ$ )이어서 공격 받은 탄소를 중심으로 입체 구조가 뒤집힌다. 다음 중 이러한 입체 구조의 역전을 알아내기에 좋은 기질을 고르면? (단, 친핵체는  $OH^-$ 라 가정한다.)

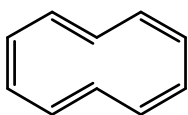
- |   |  |
|---|--|
| ① $\begin{array}{c} CH_3 \\   \\ CH_3-C-CH_2-Br \\   \\ CH_3 \end{array}$             | ② $\begin{array}{c} CH_3 \\   \\ CH_3CH_2CH_2-C-Br \\   \\ CH_3CH_2 \end{array}$ |
| ③  | ④ $H_3C-CH_2-Br$   |

6. 휘켈 규칙을 통해 어떤 고리 화합물이 방향족인지를 분간할 수 있다. 다음 화합물 중 방향족이 아닌 것은?

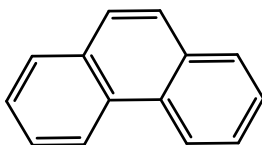
①



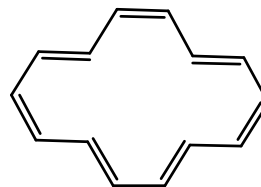
②



③



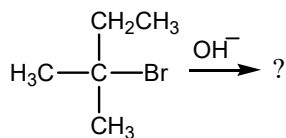
④



7. 다음은 E1 반응이 일어나기에 유리한 일반적인 조건을 설명한 것이다. 옳은 것은?

- ① 일차 할로젠화 알킬은 강한 염기를 이용하면 E1 메커니즘으로 반응하기 쉽다.
- ② E1 반응으로 생성되는 물질은 탄소 양이온 생성 과정이 전체 반응 속도를 결정한다.
- ③ 이탈기가 할로젠화 이온일 때 전기 음성도가 클수록 좋은 이탈기로 작용한다.
- ④ 알켄이 생성될 때 탄소 간 이중 결합을 중심으로 알킬 치환기가 적을수록 더 안정하다.

8. 다음 반응은 치환 반응과 제거 반응이 경쟁적으로 일어날 수 있다. 치환 생성물과 제거 생성물을 바르게 예측한 것은?



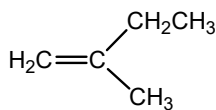
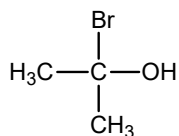
치환반응 생성물

제거반응 생성물

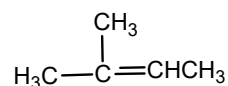
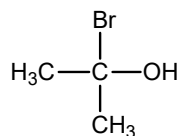
치환반응 생성물

제거반응 생성물

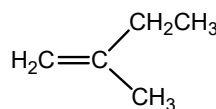
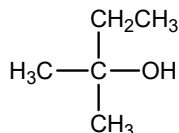
①



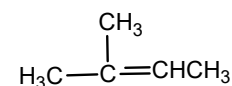
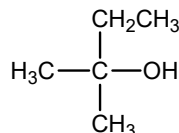
②



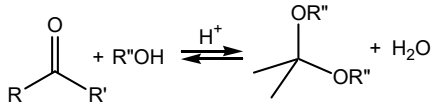
③



④



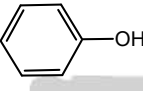
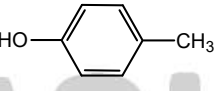
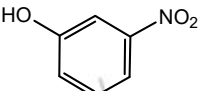
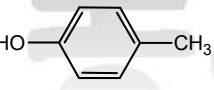
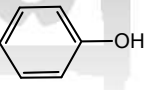
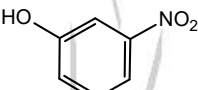
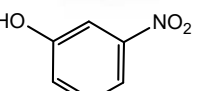
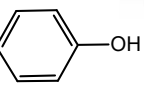
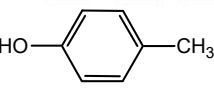
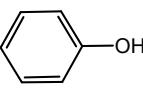
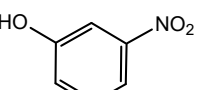
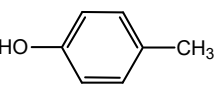
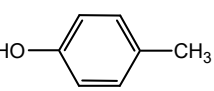
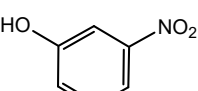
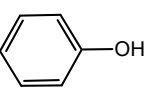
9. 카보닐 화합물에 알코올을 첨가하면 헤미아세탈을 거쳐 아세탈을 생성한다. 다음은 그 과정을 나타낸 것이다.



위 과정에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 카보닐 1몰에 대해 알코올 2당량이 반응해 아세탈을 생성한다.
- ② 반응에 사용하는 카보닐은 가역적으로 케톤만 반응할 수 있다.
- ③ 카보닐 탄소를 공격하는 것은 알코올의 산소와 결합한 수소이다.
- ④ 반응에 사용한 산( $\text{H}^+$ )은 알코올의 산소에 양성자화해 반응한다.

10. 페놀류는 일반적인 알코올에 비해 산성도가 높아  $\text{p}K_a$  값이 작은 편이다. 벤젠 고리에 치환되어 있는 치환기에 따라 산성도가 달라질 수 있다.  $\text{p}K_a$  값이 큰 것부터 차례로 바르게 나열한 것은?

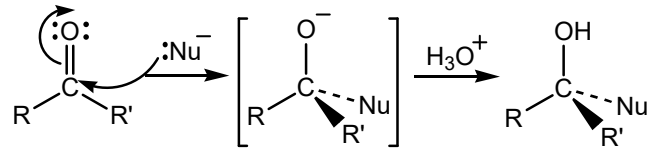
- ① , , 
- ② , , 
- ③ , , 
- ④ , , 
- ⑤ , , 

11. 카보닐 화합물은 엔올-케토 토토머화에서 대체로 케토형이 우세하다. 카보닐 화합물에 대한 다음 설명에서 옳은 것은?

- ① 산성 용액에서 할로젠을 케톤과 반응시키면  $\alpha$  위치가 할로젠으로 치환된다.
- ② 카보닐 탄소에 대하여 위치에 따른 산성도가 가장 센 것은  $\beta$  위치 수소이다.
- ③ 엔올형은 친전자체로 작용해 카보닐 위치에 첨가 반응이 일어난다.
- ④ 카보닐 화합물에 산성 조건에서 할로젠을 반응시키면  $\alpha$  위치 수소가 모두 할로젠화한다.



12. 알데하이드와 케톤에 대한 가장 일반적인 반응은 친핵성 첨가 반응으로 다음과 같이 사면체형 중간체를 형성하는 것이 대부분이다.



알데하이드와 케톤의 친핵성 첨가 반응에 관한 <보기>의 설명 중 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

- ㄱ. 알데하이드는 카보닐 탄소에 입체 장애가 적어 케톤보다 반응성이 더 크다.
- ㄴ. 염기성 조건에서 케톤에  $\text{H}_2\text{O}$ 를 친핵성 첨가 반응시키면 gem-diol을 만들 수 있다.
- ㄷ.  $\text{LiAlH}_4$ 나  $\text{NaBH}_4$ 로 알데하이드나 케톤을 환원시키는 것은 카보닐 탄소에  $\text{H}^+$  이온을 첨가 반응하는 것과 같다.

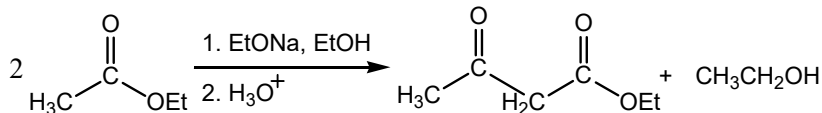
- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ

동의대 스쿨

13. 그리냐르 시약(Grignard Reagent)는 카보닐 화합물과 반응해 알코올을 형성한다. 다음 중 생성물 예측이 바른 것은?

- ①  $\text{CH}_3\text{CHO} \xrightarrow{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr}} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{C}(\text{OH})(\text{CH}_2\text{CH}_3)_2$
- ②  $\text{CH}_3\text{COCH}_3 \xrightarrow{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr}} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$
- ③  $\text{CH}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Cyclohexyl-MgBr}} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Cyclohexyl-CH}_2\text{OH}$
- ④  $\text{Cyclohexanone} \xrightarrow{\text{CH}_3\text{MgI}} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Cyclohexyl-OCH}_3$

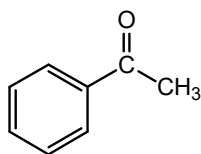
14. 다음은 클라이젠 축합 반응 일부를 나타낸 것이다.



클라이젠 축합과 관련한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 에스터에서  $\text{EtO}^-$ 가 이탈기로 작용한다.  
 ②  $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$  2 분자도 유사한 반응을 할 수 있다.

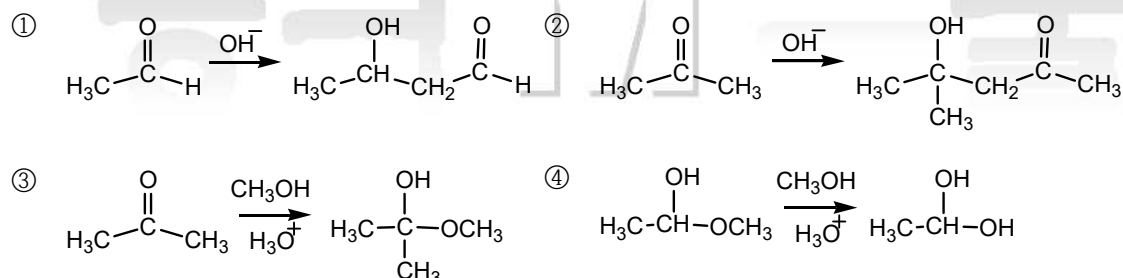
③



와 같은 에스터 2 분자로는 클라이젠 축합을 할 수 없다.

- ④ 클라이젠 축합에서  $\alpha$  수소가 강한 염기에 의해 떨어져고 친핵성 치환으로 반응한다.

15. 다음 각 반응 생성물을 바르게 나타내지 못한 것은?



16. 아민을 생성하는 간단한 방법은  $\text{R}-\text{X}$ 에 암모니아( $\text{NH}_3$ )를 반응시키는 것이다. 이에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 암모니아가 친핵체이며  $\text{S}_{\text{N}}1$  메커니즘이 유리하다.  
 ② 할로젠화 알킬은  $\text{CH}_3\text{X}$ 나  $\text{RCH}_2\text{X}$ 가 입체 장애가 적어 좋다.  
 ③ 1차 아민과 과량의  $\text{CH}_3\text{Br}$ 을 반응시키면 사차 암모늄염을 얻을 수 있다.  
 ④ 할로젠화 알킬과 암모니아를 반응시켜 아민을 만들면 다양한 아민 혼합물을 이룬다.

## 6. 유기 금속 화합물과 여러 가지 반응

### 6.1. 유기 금속과 반응

(1) 유기 마그네슘과 유기 리튬

1) 유기 마그네슘(Grignard 시약) :  $\text{CH}_3\text{I} + \text{Mg} \xrightarrow[35^\circ\text{C}]{\text{Et}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{MgI}$ 와 같은 예가 있다.

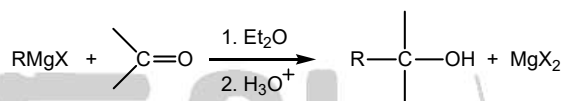
2) 유기 리튬 :  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} + 2\text{Li} \xrightarrow[-10^\circ\text{C}]{\text{Et}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Li} + \text{LiBr}$

(2) 그리냐르 시약의 반응

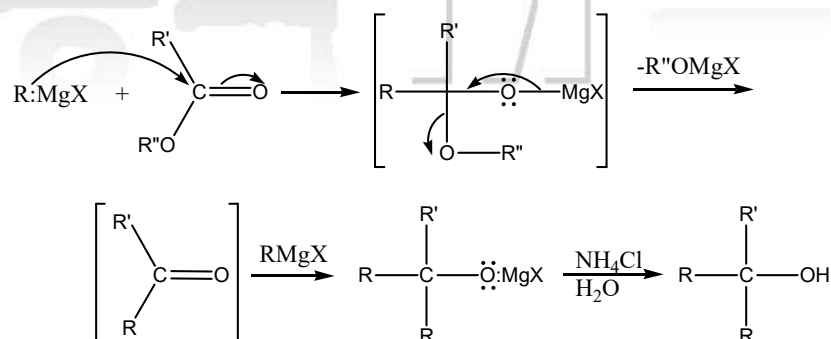
1) 그리냐르 시약과 물, 알코올의 반응 : 탄소 음이온이 강력한 염기로 작용한다.



2) 카보닐 화합물과 반응 : 그리냐르 시약이 카보닐 탄소를 공격해 알코올이 생성된다.



3) 에스테르와 반응 : 2몰 당량의 그리냐르 시약이 반응해 3차 알코올을 만든다.



### 6.2. 친핵성 치환 반응

(1)  $S_N2$  반응 메커니즘 : 한 단계로 이뤄지며 배향이 뒤집히며 이탈기가 떨어져 나간다.

(2)  $S_N1$  반응 메커니즘 : 이탈기가 먼저 떨어지면서 탄소 양이온을 형성하는 과정이 1차 반응이다. 카이랄성 반응물이  $S_N1$  반응을 하면 광학 비활성인 라세미 생성물을 생성한다.

### 6.3. 산화 준위

(1) 산화와 환원 : 탄소 화합물의 산화와 환원은 탄소 원자의 전자 밀도 변화로 설명한다. 산화는 탄소 원자의 전자 밀도가 감소하는 것이고 환원은 탄소 원자의 전자 밀도가 증가하는 것이다.

(2) 산화 준위 계산 : 화합물을 구성하는 C-N, C-O, C-X 결합 수에서 C-H 결합 수를 뺀다.

## 6.4. 라디칼 반응

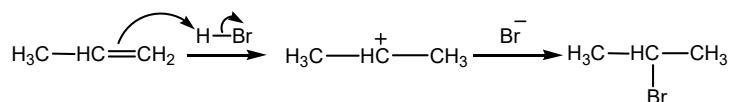
## (1) 라디칼 생성과 반응

과산화물이나 할로젠은 균일 분해에 의해 라디칼을 생성하기 쉽고, 라디칼은 다른 분자와 반응해 새로운 라디칼을 만들어낸다.

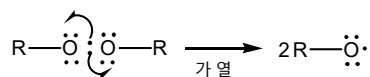
(2) 알킬 라디칼의 안정도 :  $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ > \text{메틸 라디칼}$  순이다.

## (3) 알켄과 HBr 첨가 반응

- 알켄에 할로젠화 수소 첨가 반응은 안정한 탄소 양이온 생성을 거쳐 일어나고, 알켄에 HBr 첨가 반응은 과산화물이 없으면 일반적인 할로젠화 수소 첨가 반응과 동일한 결과를 얻는다. 과산화물이 있으면 라디칼 메커니즘을 거치므로 안티마르코프니코프 과정으로 일어난다.



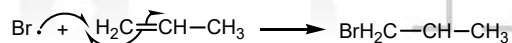
(단계 1) 과산화물의 균일 분해



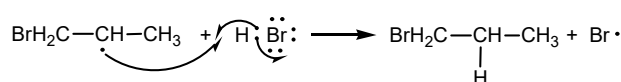
(단계 2) 알콕시 라디칼과 HBr의 반응



(단계 3) 브로민 원자가 C=C에 첨가되어 안정한 2° 라디칼 생성<sup>1)</sup>

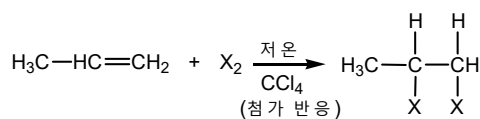


(단계 4) 2° 라디칼이 HBr로부터 H 원자를 빼내 결합

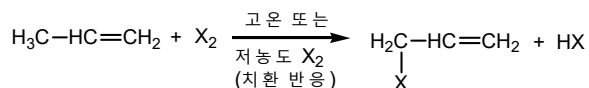


(4) 알릴 자리 치환 반응과 알릴 라디칼의 안정도

1) 저온에서 알릴 자리 할로젠 반응 : 첨가 반응 진행



2) 고온, 또는 저농도 할로젠 반응 : 알릴 자리 수소 치환



3) 알릴 라디칼의 안정도 : 알릴 라디칼을 구성하는 세 p 오비탈의 공명 안정화

- 공명으로 인해  $\pi$  전자들이 비편재화하여 안정화하며, 3개의 전자가 결합  $\pi_{MO}$ , 비결합  $\pi_{MO}$ 에 채워지고 반결합  $\pi_{MO}^*$ 는 비어 있다.

1) 브로민 원자가 입체 방해가 적은 1차 탄소를 공격해 2차 라디칼이 생성된다.

[연습 문제]

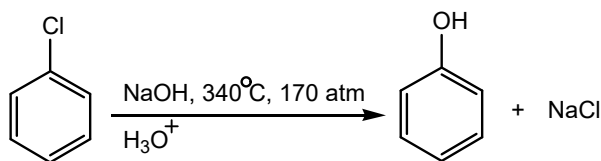
1. 그리냐르 시약은 목적한 분자에 알킬기를 도입하여 새로운 화합물로 변형하는 데 사용된다. 다음 중 그리냐르 시약을 사용한 몇 가지 반응으로 옳지 않은 것은?

- ①  $\text{CH}_3\text{MgBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{MgOHBr}$
- ②  $\text{CH}_3\text{MgI} + \text{HCHO} \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
- ③  $\text{CH}_3\text{MgI} + \text{CH}_3\text{COCH}_3 \xrightarrow{\text{H}_3\text{O}^+} (\text{CH}_3)_3\text{COH}$
- ④  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgI} + \text{CH}_3\text{C} \equiv \text{CH} \rightarrow \text{CH}_3\text{C} \equiv \text{CCH}_2\text{CH}_3 + \text{MgOHI}$

2.  $\text{CH}_3\text{Br} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{Br}^-$  반응에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ①  $\text{S}_{\text{N}}2$  메커니즘으로 진행되는 반응이다.
- ② 이탈기의 반대 방향에서  $\text{OH}^-$ 의 공격이 이루어진다.
- ③ tert-Butyl bromide를 반응물로 사용해도 같은 메커니즘으로 반응이 일어난다.
- ④ 양성자성 용매보다 극성이고 비양성자성인 용매를 사용하면 반응 속도가 증가한다.

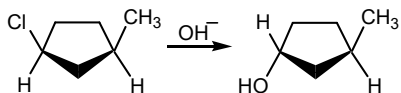
3. 전자를 끄는 작용기가 없는 할로벤젠은 일반적으로 친핵체와 반응하지 않는다. 그러나 극한적인 조건에서 다음과 같이 치환 반응이 일어날 수 있다.



위와 같은 반응과 관련한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 중간 생성물로 벤자인은 안정한 삼중결합을 형성한다.
- ② 벤자인은  $sp$  혼성 오비탈을 사용하는 삼중결합이 있다.
- ③ 벤젠의 어느 탄소 간에 삼중결합이 생성되어도 스트레인이 없다.
- ④ p-Chlorotoluene에  $\text{NaNH}_2$ 를 반응시키면 p-Methylaniline과 m-Methylaniline이 생성된다.

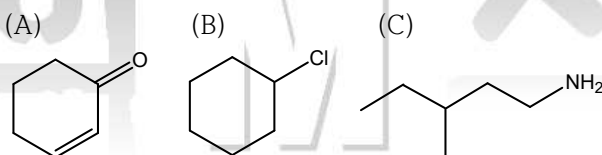
4. 다음은 고리 화합물에서 치환 반응이 일어나는 것을 나타낸다.



위 반응과 관련하여 다음 설명 중 옳은 것은?

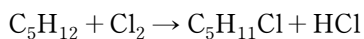
- ① 치환되는 위치의 (R), (S) 배열이 바뀐다.
- ②  $S_N1$  메커니즘으로 반응이 진행된다.
- ③ 생성물은 라세미체이므로 광학 활성이 없다.
- ④ (R)-3-Bromo-3-methylhexane을  $OH^-$ 와 반응시키면 같은 원리로 (S)-2-Ethyl-2-pentanol이 생성된다.

5. 유기 화합물에서는 산화와 환원을 일반적인 방법으로 판단하기 어렵기 때문에 산화 준위라는 개념을 적용한다. 다음 각 유기 화합물의 산화 준위를 크기 순서대로 바르게 나열한 것은?



- ① (A) > (B) > (C)
- ② (A) > (C) > (B)
- ③ (B) > (C) > (A)
- ④ (C) > (B) > (A)

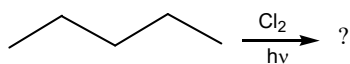
6. iso-Pentane을 염소로 1치환하는 반응은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



이 반응은 염소 1치환체가 다양하게 생성될 수 있다. 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

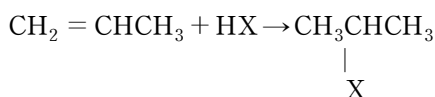
- ① 자외선에 의해  $Cl_2$ 에서  $Cl\cdot$  라디칼이 생성된다.
- ② iso-Pentane에서  $3^\circ$  수소의 반응성이 가장 크다.
- ③ 생성되는 염소 1치환체는  $1^\circ : 2^\circ : 3^\circ = 9 : 2 : 1$ 이다.
- ④ 위치에 따른 수소의 반응성은 결합 에너지로 비교할 수 있다.

7. n-Pentane을 자외선 존재 하에 염소( $\text{Cl}_2$ )와 반응시켜 1 치환체를 만들었을 때 이 반응에 관한 다음 설명 중 옳은 것은?



- ① 염소 1 치환체의 이성질체는 5가지이다.
- ② 생성되는 펜틸 라디칼 중 C2는  $sp^3$ , C3는  $sp^2$  혼성 오비탈로 이루어져 있다.
- ③ C2의 펜틸 라디칼에 염소가 1 치환되면 거울상 사이에 1:1 라세미체가 생성된다.
- ④ C2의 염소 1 치환체를 이용해 C3에 염소를 치환시키면 2 가지 이성질체가 생성된다.

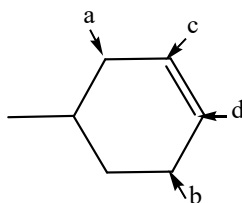
8. 프로펜에 할로젠화 수소(HX)를 반응시키면 다음과 같이 첨가 반응이 일어난다.



위 반응에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

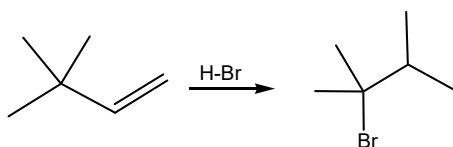
- ① 프로펜은 HCl과 친전자성 첨가 반응을 한다.
- ② 마르코프니코프 규칙은 중간체가 안정한 탄소 양이온 생성을 거친다.
- ③ 과산화물 존재와 관계없이 프로펜에 HI를 첨가하면 마르코프니코프 규칙을 따른다.
- ④ 과산화물 존재 하에 프로펜에 HBr를 첨가하면 마르코프니코프 생성물을 만든다.

9. 다음 중 라디칼 메커니즘으로 치환될 수 있는 위치를 모두 지적하면?



- ① a, b
- ② c, d
- ③ a, b, c
- ④ a, b, c, d

10. Alkene에 HBr를 첨가할 때 다음 결과를 바르게 설명한 것은?



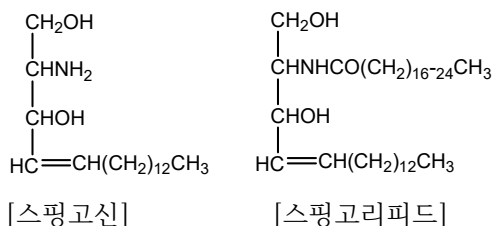
- ① 마르코프니코프 규칙을 만족한다.
- ② 메틸기가 자리옮김하여 브로민이 결합한다.
- ③ 라디칼 반응에 의해 첨가 반응이 이뤄진다.
- ④ 알릴 위치 탄소 양이온이 형성되며 반응이 이뤄진다.

## 7. 고분자 화합물

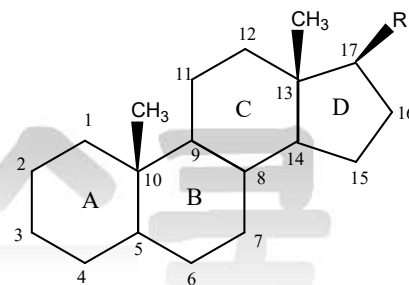
### 7.1. 지방질과 핵산

(1) 유지(fat and oil) : 공통적으로 에스터 결합을 가지고 있어 가수분해할 수 있다. 동물성 지방(fat)과 식물성 기름(oil)을 유지라 하며 triacylglycerol로 되어 있다.

(2) 인산 지방질(phospholipid) : 인산 에스터이며 phosphoglyceride와 sphingolipid로 나뉜다.

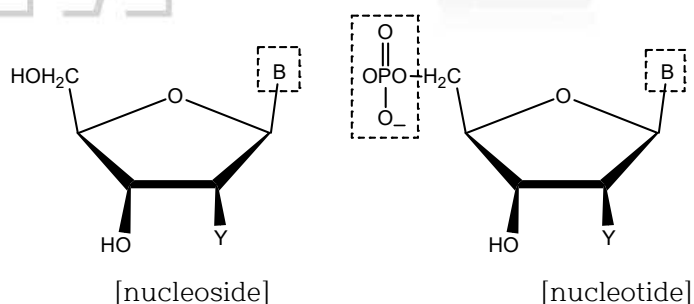


(3) 스테로이드 : 동식물의 지방질 추출물에 함유되어 있는 스테로이드는 오른쪽 그림과 같이 네 개의 고리 체계로 이루어져 있다. 사람 몸에서 대부분의 스테로이드는 호르몬으로 작용하며 대표적으로 생식을 조절하는 성 호르몬과 부신피질 호르몬이 있다.



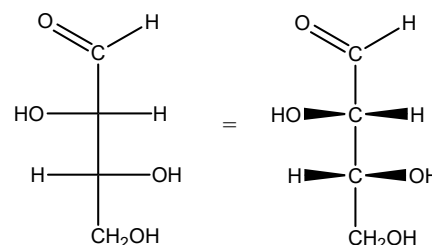
### (4) 핵산

- nucleoside=5탄당+염기(A, T, G, C),  
nucleotide=5탄당+염기+인산,
- 핵산=nucleotide 중합체
- C, U, T는 pyrimidine 유도체이고 A, G는 purine 유도체이다.



### 7.2. 탄수화물

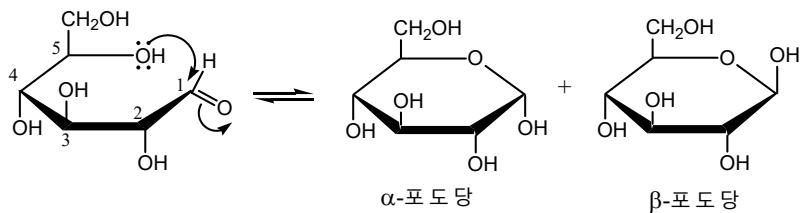
(1) Fischer 투영법 : 수평선은 종이면에서 돌출한 결합으로 나타내고, 수직선은 종이면에서 뒤로 들어간 결합으로 약속한다. 카보닐 탄소는 가장 위 또는 위에서 가깝게 놓는다.



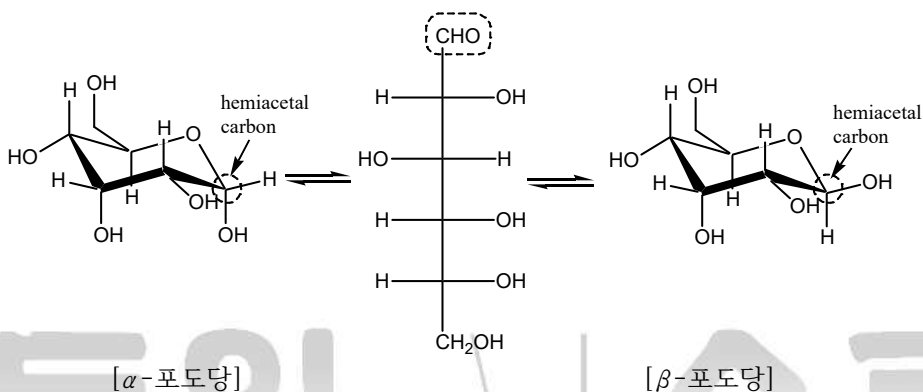
(2) D, L 당류 : 피셔 투영법에서 가장 아래쪽 카이랄 탄소 원자에 결합한 OH기가 오른쪽으로 향하면 D 당류, 왼쪽을 향하면 L 당류라 하며, 당의 편광면 회전과는 무관하다.

(3) 단당류의 고리 구조 : 카보닐에 알코올이 친핵성 첨가 반응을 일으켜 헤미아세탈을 형성하므로 단당류는 쉽게 5원자나 6원자 고리 구조를 만들 수 있다.





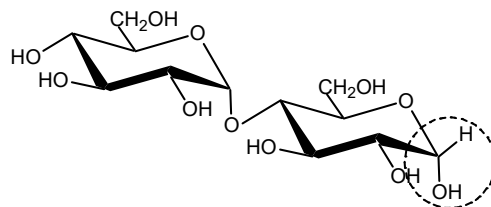
(4) 단당류의 반응 : 헤미아세탈<sup>2)</sup> 탄소를 아노머 중심이라 한다. 순수한  $\alpha$ -포도당 또는  $\beta$ -포도당을 물에 녹이면 광회전이 서서히 변해  $\alpha$ -아노머 용액에서는  $+122.2^\circ$ 에서  $+52.6^\circ$ 로 감소하고,  $\beta$ -아노머에서는  $+18.7^\circ$ 에서  $+52.6^\circ$ 로 증가한다.



#### (5) 이당류

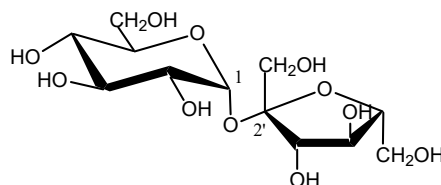
1) cellobiose와 맥아당(maltose) : cellobiose는 두 개의  $\beta$ -포도당이 연결된 1,4'- $\beta$ -배당체이고, 맥아당(maltose)은 두 개의  $\alpha$ -포도당이 연결된 1,4'- $\alpha$ -배당체이다.

[maltose]



2) 설탕(sucrose) : 설탕을 가수분해하면 포도당과 과당이 1:1로 생성되며 이 혼합물을 반전당(invert sugar)<sup>3)</sup>이라 하며 헤미아세탈 구조가 없어 설탕은 환원당이 아니다.

[설탕의 구조]



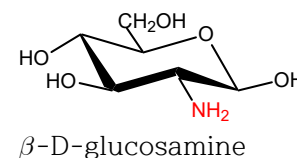
(6) 다당류 : 셀룰로오스는 1,4'- $\beta$ -글리코사이드로 연결된 수천의 포도당 단위로 이루어져 있고, 분

2) 헤미아세탈(hemiacetal)은 한 탄소에  $-OR$ 과  $-OH$  작용기가 동시에 결합해 있는 것을 가리킨다. 이에 반하여 아세탈(acetal)은 같은 탄소에 두 개의  $-OR$  작용기가 결합해 있는 것을 나타낸다.

3) 설탕의 고유 광회전도가  $[\alpha]_D = +66.5^\circ$ 임에 비해 포도당과 과당 1:1 혼합물은  $[\alpha]_D = -22^\circ$ 이므로 광회전의 부호가 바뀌기 때문에 얻게 된 이름이다.

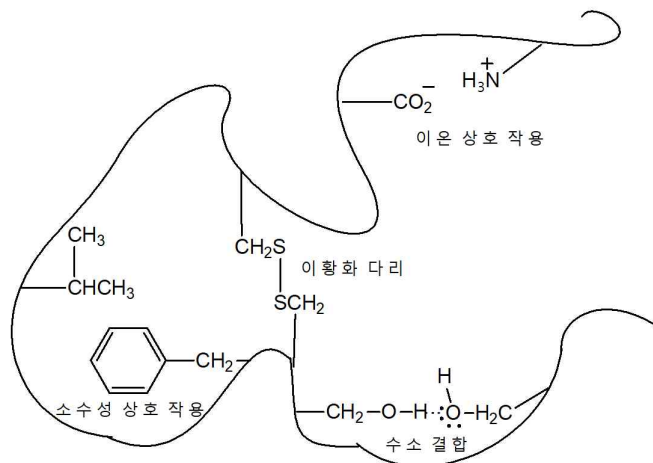
자 사이에는 강한 수소 결합이 작용한다. 전분은 1,4'- $\alpha$ -글리코사이드 결합으로 연결되어 있으며 글리코젠은 1,4'- $\alpha$ -글리코사이드와 1,6'- $\alpha$ -글리코사이드 연결이 섞인 복잡한 삼차원 구조이다.

(7) 아미노당 : 아미노 당류는 D-glucosamine과 같은 아미노당(amino sugar)으로 하이드록시기( $-OH$ ) 하나가 아미노기( $-NH_2$ )로 치환되어 있다. 갑각류에서 딱딱한 chitin의 구성 단위 당류로 외골격을 이룬다.



### 7.3. 아미노산과 펩타이드

(1) 아미노산의 분류와 등전점 : 아미노산은 공통적으로  $\alpha$ -탄소에  $-H$ ,  $-NH_2$ ,  $-COOH$ 가 붙어 있고, 일반적으로  $-R$ 로 표시되는 부분에 따라 산성, 중성, 염기성 아미노산으로 분류한다. 등전점<sup>4)</sup> pH가 5~6 정도로 중성에 가까운 것이 중성 아미노산이다. 등전점이 pH 2~3 정도인 산성 아미노산은  $-R$  부분에  $-COOH$ 가 들어 있다. 염기성 아미노산은 등전점의 pH가 9~10 정도이며  $-R$  부분에  $-NH_2$ 기나 이민(imine) 부분이 들어 있다.



(2) 펩타이드 : 아미노산은 다양성자 산으로 생각하고, 두 가지 이온화 상수( $pK_1$ ,  $pK_2$ )를 이용한다. 아미노산 용액에 산을 첨가하면 아미노산의  $-COO^-$  부분이 양성자를 받아들여 아미노산은 양이온이 되며, 염기를 첨가하면  $-NH_3^+$  부분이 양성자를 잃어 아미노산은 음이온으로 변한다.

(3) 단백질의 구조와 성질 : 단백질의 구조를 결정하는 요인에 따라 1차 구조는 아미노산의 배열 순서에 따라, 2차 구조는 수소 결합 등에 의해  $\alpha$ -나선 구조( $\alpha$ -helix)와  $\beta$ -병풍 구조( $\beta$ -pleated sheet), 3차 구조는 나선 구조와 병풍 구조 등이 꼬이고 접혀 삼차원 구조를 형성하는 것이다. 4차 구조는 몇 가지 단백질이 모여 커다란 집합 구조를 구성하는 것을 뜻한다.

4) 아미노산이 pH에 따라 양이온형과 음이온형으로 존재하다가 정확히 균형을 이루는 쌍극성 이온으로 존재할 때의 pH를 등전점이라 한다.

[연습 문제]

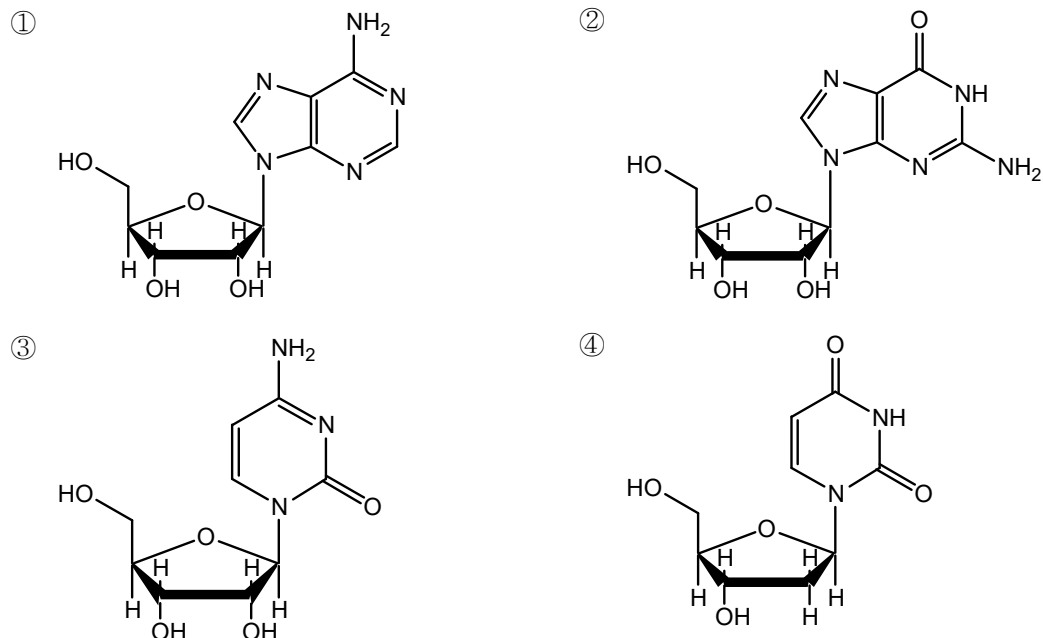
1. 지방질은 통상 가수분해할 수 있는 것과 가수분해할 수 없는 것으로 분류할 수 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 유지는 글리세롤과 포화지방산의 에스터로 이루어져 있다.
- ② 인산 지방질은 글리세롤과 지방산, 인산의 에스터로 이루어져 있다.
- ③ 콜레스테롤은 호르몬과 세포막을 만드는 물질로 가수분해를 할 수 있는 형태의 지방질이다.
- ④ 스펡고리피드는 가수분해를 할 수 없으며 세포막을 구성하는 성분 중 하나이다.

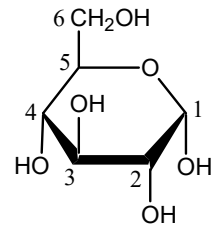
2.  $\alpha$ -D-Glucopyranose의 고유 광회전도는  $+112.2^\circ$ 이고  $\beta$ -D-Glucopyranose의 경우는  $18.7^\circ$ 이다.  $\alpha$ -D-Glucopyranose나  $\beta$ -D-Glucopyranose를 단독으로 물에 녹이면 모두 광회전도가  $+52.6^\circ$ 에 도달한다. 이런 현상을 설명하는 바른 용어는?

- ① 변광 회전
- ② 마르코프니코프 규칙
- ③ 아세탈
- ④ 등전점

3. 뉴클레오사이드는 핵산의 기본 단위인 뉴클레오타이드에서 인산기가 빠진 분자로 염기와 당이 결합한 물질이다. 다음 중 Ribonucleoside 구조가 바르지 못한 것은?



4. 헤미아세탈 단당류 구조는 열린 사슬 구조를 가진 단당류에서 고리 구조가 형성될 때 통상 볼 수 있다. 오른쪽 그림은 고리 모양  $\alpha$ -포도당을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 번호는 탄소 위치를 나타낸다.)

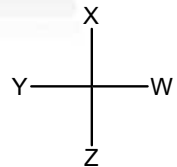


- ①  $\text{NaBH}_4$ 와 반응하므로 환원성이 있다.
- ②  $\beta$ -포도당은 2번 탄소의  $-\text{OH}$ 가 고리 위를 향한다.
- ③ 1번 탄소는 열린 구조의 카보닐 탄소를 헤미아세탈 구조이다.
- ④ 분자 사이에 1번 탄소 위치의  $-\text{OH}$ 가 연속적으로 중합하여 전분이 만들어진다.

5. 셀룰로오스와 녹말은 자연계에 매우 흔하게 존재하는 다당류이며, 녹말은 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 이루어진다. 셀룰로오스와 녹말에 대한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 셀룰로오스는  $1 \rightarrow 6$ - $\beta$ -글리코사이드 결합으로 생성된다.
- ② 아밀로펙틴은  $1 \rightarrow 6$ - $\alpha$ -글리코사이드 결합을 가지고 있다.
- ③ 셀룰로오스는 글리코사이드 결합에 가지가 형성되어 식물의 구조 물질로 사용된다.
- ④ 아밀로오스는  $1 \rightarrow 4$ - $\alpha$ -글리코사이드 결합과  $1 \rightarrow 6$ - $\alpha$ -글리코사이드 결합이 섞여 있다.

6. 오른쪽 그림은 Fischer 투영식으로 나타낸 것이다. X, Y, W, Z가 모두 서로 다른 원소로 이루어져 있을 때 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

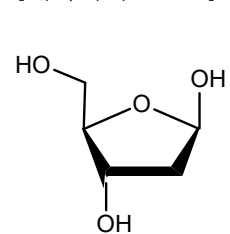
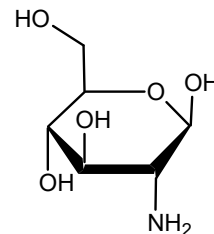


- ① 면에서 Y, W는 앞으로, X, Z는 뒤로 들어가 있다.
- ② X, Y, Z, W가 모두 다른 작용기로 연결되어 있다.
- ③ 그림에서 오른쪽으로  $90^\circ$  회전한 분자는 같은 것으로 본다.
- ④ 우선 순위가  $X > Y > Z > W$  순이면 R 배열로 볼 수 있다.

7. 오른쪽 그림은 글루코사민과 리보오스를 나타낸 것이다. 이처럼 변형된 당이 생체에는 다양하게 존재한다. 이에 관한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

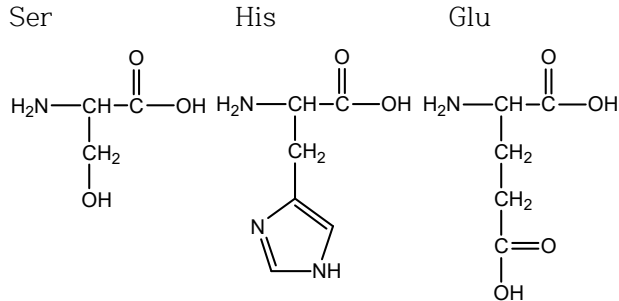
[글루코사민]

[데옥시리보오스]



- ① 글루코사민은 곤충이나 갑각류의 외골격을 구성하는 chitin의 구성 단위이다.
- ② 글루코사민은 아세트산과 N-acetylglucosamine을 만들 수 있다.
- ③ 데옥시리보오스의 2번 탄소에  $-\text{OH}$ 가 결합한 것은 RNA를 구성하는 당이다.
- ④ 데옥시리보오스의 5번 탄소에는 인산기가 결합하여 DNA의 골격을 구성한다.

8. 아미노산은 
$$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ | \\ \text{R} \end{array}$$
 구조에서 R에 따라 산성, 중성, 염기성 아미노산으로 분류한다. 다음 각 아미노산을 바르게 분류한 것은? (단, Ser은 세린, His는 히스티딘, Glu는 글루탐산이다.)



- |   | (산성) | (중성) | (염기성) |
|---|------|------|-------|
| ① | Ser  | His  | Glu   |
| ② | His  | Glu  | Ser   |
| ③ | Glu  | Ser  | His   |
| ④ | Glu  | His  | Ser   |

9. 아미노산은 적절한 pH에서 쌍극성 이온(
$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{R} \end{array}$$
)으로 존재하며, 이때의 pH를 등전점이라고 한다. 아미노산에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 강한 염기성 용액에서 아미노산은 양전하를 띤다.
- ② 강한 산성 용액에서는 아미노산이 다양성자산으로 작용한다.
- ③ 등전 pH에서는 어떤 아미노산도 한 전극으로 끌리지 않는다.
- ④ 중성 아미노산의 등전 pH를 계산하면  $\frac{\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2}}{2}$ 로 나타난다.

10. 단백질은 구조에 따라 다양한 역할을 수행할 수 있다. 단백질 구조에 관한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 단백질 구조 서술에 분자 내의 공유 결합은 제외한다.
- ② 수소 결합에 의해  $\alpha$ -나선 구조,  $\beta$ -병풍 구조가 형성된다.
- ③ 단백질 구조 변형에 영향을 주는 요인은 온도, pH뿐만 아니라 습도도 있다.
- ④ 단백질을 이루는 1차 ~ 4차 구조는 모두 단백질 한 분자에 대한 영향만 서술한다.