2021학년도 중등화학교사 1차 임용시험 대표 적중 문항

❶ 분석화학 영역

① 침전 평형

1차 분석화학 영역 적중 문항

전공 2교시 전공 A형 서술형

12. <그림>은 $NiS(s)$과 $FeS(s)$로 포화된 수용액을 나타낸 것이고, <자료>는 이와 관련된 평형 반응식과 25 ℃에서의 평형 상수를 나타낸 것이다.

<그림>

<자료>

$NiS(s) \rightleftarrows Ni^{2+}(aq) + S^{2-}(aq)$ K_{sp}

$FeS(s) \rightleftarrows Fe^{2+}(aq) + S^{2-}(aq)$ K_{sp}'

$S^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows HS^-(aq) + OH^-(aq)$ K_1

$HS^-(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows H_2S(aq) + OH^-(aq)$ K_2

<자료>를 이용하여 수용액에서의 질량 균형식을 쓰고 $NiS(s)$과 $FeS(s)$의 용해도의 합을 $[S^{2-}]$, K_{sp}, K_{sp}'로 나타내시오. 또한, $[S^{2-}]$를 K_{sp}, K_{sp}', K_1, K_2로 나타내는 과정과 결과를 쓰시오. (단, 수용액의 pH는 4로 일정하고, 온도는 25 ℃로 일정하며, 물의 해리는 무시한다.) [4점]

2021학년도 대비 7-9월 분석화학 문제반

1. 25°C에서 (가)와 (나) 용액을 아래와 같이 각각 제조하였다. 용액 (가)에 대해 AgI의 용해도(M)를 이온 세기를 고려하여 구하는 과정과 그 결과를 표현하시오. 용액 (나)에 대해 AgI의 용해도(M)를 이온 세기를 고려하지 말고 구하는 과정과 그 결과를 표현하시오. (단, 25℃에서 이온 세기가 0.010일 때 활동도 계수 γ_{Ag^+}, γ_{I^-} 및 γ_{Cl^-}는 각각 0.90이다. 또한, 25℃에서 $AgI(s)$의 $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-16}$, $AgCl(s)$의 $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-10}$이다.) [4점]

용액 (가)	$AgI(s)$로 포화된 0.010 M KI 수용액
용액 (나)	$AgI(s)$와 $AgCl(s)$를 함께 포화시킨 수용액

① 평형상수의 처리, 평형과 열역학의 관계
② 침전평형의 이해와 적용, 난용성 염의 용해도 특성, pH에 따른 용해도의 변화
③ 공통이온효과, 용해도에 대한 이온 세기의 영향, 활동도를 고려한 평형의 처리
④ 부피분석과 무게 분석의 이해와 적용 및 계산
⑤ 착물 형성 평형의 응용, 킬레이트 효과, 보제 착화제의 이용, EDTA 적정방법

② 산-염기 적정 및 분광광도법

1차 분석화학 영역 적중 문항

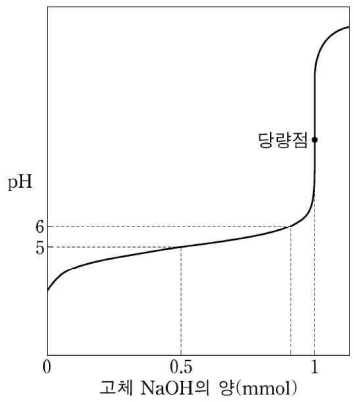
전공 3교시 전공 B형 서술형

11. <자료>는 약산 HA의 해리 평형식과 25 ℃에서의 산 해리 상수(K_a)를 나타낸 것이고, <그림>은 미지 농도의 HA 수용액 100 mL에 가해 준 고체 NaOH의 양(mmol)에 따른 수용액의 pH를 나타낸 것이다.

<자료>

$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows A^-(aq) + H_3O^+(aq) \quad K_a = 1 \times 10^{-5}$

<그림>



용액의 pH가 각각 5와 6일 때 파장 510 nm에서 측정한 흡광도가 1로 동일하였다. 적정 곡선을 이용하여 구한 HA(aq)의 초기 몰농도를 쓰고, HA(aq)와 $A^-(aq)$ 각각의 몰흡광 계수(ε, $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$)를 구하는 과정과 결과를 쓰시오. 또한, 당량점일 때 510 nm에서의 흡광도를 구하는 과정과 결과를 쓰시오. (단, 수용액에서 HA(aq)와 $A^-(aq)$만 510 nm의 빛을 흡수하고, 흡광도는 Beer의 법칙을 따르며 셀의 경로 길이는 1 cm이다. 온도는 25 ℃로 일정하고 고체 NaOH을 가할 때 용액의 부피 변화는 무시한다.) [4점]

2021학년도 대비 제 6회 화학통합모의고사

1. 다음은 산-염기 지시약 HIn에 대한 수용액에서의 평형 반응식이다.

$$HIn \rightleftarrows H^+ + In^- \qquad K_a = \frac{[H^+][In^-]}{[HIn]}$$

0.1 M NaOH와 0.1 M HCl에서 측정된 3.0×10^{-4} M HIn 수용액의 흡광도(A)는 다음과 같다. <질문>의 물음에 대해 답하시오. (단, 여기서 시료 용기는 1.0 cm이며, 바탕 흡광도는 고려하지 않는다. 또한 0.1 M NaOH 수용액에서는 In^-만 존재하고, 0.1 M HCl 수용액에서는 HIn만 존재한다고 가정한다.) [4점]

흡수 파장(nm)	0.1 M NaOH의 흡광도(A)	0.1 M HCl의 흡광도(A)
480	0.30	0.60
630	0.90	0.30

<질 문>

(가) 480 nm와 630 nm에서의 HIn와 In^-의 몰흡광계수(ϵ)를 각각 구하시오. (단, 유효 숫자 2개로 표현하시오.)

흡수 파장(nm)	HIn의 몰흡광계수 (ϵ, $M^{-1}cm^{-1}$)	In^-의 몰흡광계수 (ϵ, $M^{-1}cm^{-1}$)
480	①	③
630	②	④

(나) 지시약 HIn을 소량 포함하는 pH 5.00 완충 용액의 흡광도 측정 결과는 다음과 같다. 이 값을 이용하여 지시약 HIn의 산 해리 상수(K_a)을 구하는 과정과 그 결과로 표현하시오.

흡수 파장(nm)	지시약 HIn을 소량 포함하는 pH 5.00 완충 용액에서 흡광도(A)
480	0.60
630	0.80

< 산-염기 영역 >
① 산-염기의 정의와 세기 비교, pH의 정의와 적용
② 일양성자성계 및 이양성자성계의 산염기 평형 이해와 적용, 분율조성, 등전 pH, 등이온 pH의 이해
③ 완충 작용의 이해와 응용, 완충용액의 제조와 관련계산
④ 산염기 적정, 적정곡선의 이해와 응용
⑤ 평준화 효과와 비수용액에서의 산염기 평형

< 기기분석 영역 >
① 전자기파의 기본 성질, 분광광도계, Beer의 법칙
② 분자 흡수 분광법의 이해와 응용, 형광광도법의 이해와 응용
③ 원자분광법의 이해와 응용
④ 크로마토그래피분리법과 모세관 전기 이동법의 이해와 응용

③ 산화-환원 적정 반응

1차 분석화학 영역 적중 문항

전공 2교시 전공 A형 서술형

11. 다음은 철광석을 녹인 수용액을 과망가니즈산 포타슘($KMnO_4$) 수용액으로 적정하여 철의 함량을 결정하는 [실험]이다.

[실험]

<과망가니즈산 포타슘 수용액의 표준화>

(가) 0.55 g의 옥살산 소듐($Na_2C_2O_4$, 몰질량 x g/mol) 일차 표준 물질이 녹아 있는 10 mL 산성 수용액을 만들었다.

(나) (가)의 수용액 10 mL에 과망가니즈산 포타슘 수용액 11 mL를 가했을 때 당량점에 도달하였다.

(다) (나)의 결과를 이용하여 과망가니즈산 포타슘 수용액의 농도를 결정하였다.

<철의 적정>

(라) 철광석 1 g을 녹여 모든 철(몰질량 y g/mol)이 Fe^{2+}으로 존재하는 산성 수용액 50 mL를 만들었다.

(마) (라)의 수용액 50 mL에 과망가니즈산 포타슘 표준 용액 3 mL를 가했을 때 당량점에 도달하였다.

<관련 균형 반응식>

○ $aMnO_4^-(aq) + bC_2O_4^{2-}(aq) + 16H^+(aq) \rightarrow cMn^{2+}(aq) + dCO_2(g) + eH_2O(l)$

○ $MnO_4^-(aq) + 5Fe^{2+}(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 5Fe^{3+}(aq) + 4H_2O(l)$

<관련 균형 반응식>에서 a와 b를 각각 쓰고 (다)에서 결정된 과망가니즈산 포타슘 표준 용액의 몰농도(mol/L)를 x로 나타내시오. 또한, 실험 결과를 이용하여 철광석 1 g에 포함된 철의 질량(g)을 구하는 과정을 쓰고 그 결과를 x와 y를 포함한 식으로 나타내시오. [4점]

2021학년도 대비 4-5월 분석화학 문제적응반

1. 다음은 미지 시료 내의 칼슘 이온(Ca^{2+})의 함량을 분석하기 위한 실험과 이에 관련된 반응식이다.

＜실험 과정＞

(1) Ca^{2+}이 포함된 10.00 mL의 미지 시료를 100 mL 비커에 준비한다.

(2) (1)의 용액에 과량의 옥살산 소듐($Na_2C_2O_2$)을 첨가한 후 약한 염기성에서 침전이 생성되도록 한다.

(3) (2)의 침전을 거름 장치로 모은 후, 소량의 찬물을 부어 씻어 준다.

(4) 산성 용액에서 (3)의 침전을 Ca^{2+}과 옥살산($H_2C_2O_4$)으로 완전히 용해시킨다.

(5) (4)의 용액을 진한 보라색의 1.00×10^{-3} M 과망간산 포타슘($KMnO_4$) 표준용액으로 적정 시 [a] 기체가 발생한다.

＜실험 결과＞

○ 종말점까지 $KMnO_4$ 표준 용액 5.00 mL가 사용되었다.

과정 (5)에서 발생되는 기체와 종말점의 색깔 변화를 적고, 미지 시료 속에 포함된 Ca^{2+}의 초기 몰농도를 결정하시오. [2점]

＜설명＞ 산성 용액에서 반쪽 반응식을 통해 전체 반응식을 적어보면 다음과 같다.

산화 반쪽 반응식 :

$(H_2C_2O_4(aq) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^-) \times 5$

환원 반쪽 반응식 :

$(MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)) \times 2$

전체 반응식 : $2MnO_4^-(aq) + 5H_2C_2O_4(aq) + 6H^+(aq)$

$\rightarrow 10CO_2(g) + 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$

① 산화－환원 평형의 응용과 산화상태의 조절
② 산화－환원 적정과 응용
③ 화학전지, 표준환원전위, 네른스트 식, 표준 전위와 평형상수와의 관계
④ 전극과 전위차법, 전해무게 분석법, 전기량법, 전압전류법의 이해와 응용

❷ 물리화학 영역

① 열역학

1차 물리화학 영역 적중 문항

전공 2교시 전공 A형 서술형

1. 일정한 온도(T)에서, 부피(V)에 따른 내부 에너지(U)의 변화와 압력(P)에 따른 엔탈피(H)의 변화가 모두 없는 일정량의 기체 A가 있다. 기체 A의 온도와 압력이 각각 360 K와 0.9 atm인 상태에서 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = a$이고, 기체 A의 온도와 부피가 각각 560 K와 4.2 L인 상태에서 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = b$이다. a와 b를 구하시오. (단, S는 엔트로피이다.) [2점]

2021학년도 대비 4-5월 물리화학 문제반

1. 일정 온도에서 압력 또는 부피에 대한 엔트로피의 변화율인 $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$와 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$를 α, κ_T 등이 포함된 식으로 표현하고, 이상기체에 관하여 $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$와 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$를 각각 표현하시오. [2점]

＜답안＞ Maxwell 관계식을 이용하면 다음의 값을 구할 수 있다.

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V \qquad \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T \qquad \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$$

- $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$: $-\alpha V$, $dG = VdP - SdT$에서 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$의 Maxwell 관계식이 얻어진다. 따라서 $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\alpha V$이다.
- $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$: $\frac{\alpha}{\kappa_T}$, $dA = -PdV - SdT$에서 $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$의 Maxwell 관계식이 얻어진다. 따라서 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{\alpha}{\kappa_T}$이다.
- $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$: $-\frac{nR}{P}$ 또는 $-\frac{V}{T}$, $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$이고 이상기체에 대하여 $V = \frac{nRT}{P}$이므로 $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\frac{nR}{P}$ 또는 $-\frac{V}{T}$ 이다.
- $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$: $\frac{nR}{V}$ 또는 $\frac{P}{T}$, $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$이고 이상기체에 대하여 $P = \frac{nRT}{V}$이므로 $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{nR}{V}$ 또는 $\frac{P}{T}$ 이다.

① 분자의 병진, 회전, 진동 운동과 전자에 대한 볼츠만 분포와 파티션 함수 이해
② 파티션 함수와 열역학 함수와의 관계(내부에너지, 엔트로피, 열용량 등)
③ 일, 열, 에너지와 열역학 제 1 법칙(열과 엔탈피, 기체의 등온 등압 변화, 가역 비가역 과정 등)
④ 열역학 제 2, 3 법칙의 이해 및 적용(엔트로피, 열기관 효율 등)
⑤ 변화의 자발성과 깁스 자유에너지(헬름홀츠 에너지, 화학 퍼텐셜 등)

② 양자역학

1차 물리화학 영역 적중 문항

전공 3교시 전공 B형 서술형

6. <자료>는 x축상의 1차원 상자 속 입자에 대한 것이다.

<자 료>

○ $0<x<a$에서 퍼텐셜 에너지(V)는 0이다.
$x\le 0,\ x\ge a$에서 $V=\infty$이다.

○ 파동함수:

$0\le x\le a$에서 $\psi_n(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin(\frac{n\pi x}{a})$ (n: 양자수)

$x<0,\ x>a$에서 $\psi_n(x)=0$

○ 임의의 측정값 A의 불확정성(ΔA): $\sqrt{<A^2>-<A>^2}$

$<A^2>$: A 제곱(A^2)의 기댓값

$<A>^2$: A 기댓값의 제곱

○ 선형 운동량 연산자: $\hat{p_x}=-i\hbar\frac{d}{dx}$

○ 정적분:

$\int_0^a \sin^2(\frac{n\pi x}{a})dx=\frac{a}{2}$

$\int_0^a x\sin^2(\frac{n\pi x}{a})dx=\frac{a^2}{4}$

$\int_0^a x^2\sin^2(\frac{n\pi x}{a})dx=(\frac{a}{2n\pi})^3(\frac{4n^3\pi^3}{3}-2n\pi)$

$\int_0^a \sin(\frac{n\pi x}{a})\cos(\frac{n\pi x}{a})dx=0$

상자 속 입자의 위치(x)의 기댓값($<x>$)을 a를 포함하는 값으로 쓰고, x축에 평행한 선형 운동량(p_x)의 기댓값($<p_x>$)을 쓰시오. 또한, x의 불확정성(Δx)을 a, π, n을 포함하는 식으로, p_x의 불확정성(Δp_x)을 $\hbar$, a, π, n을 포함하는 식으로 각각 쓰시오. 그리고 $\Delta x\Delta p_x$의 최솟값을 $\hbar$, π를 포함하여 쓰시오. (단, $\hbar=\frac{h}{2\pi}$이고 h는 플랑크 상수이다.) [4점]

2021학년도 대비 4-5월 물리화학 문제적응반
2021학년도 대비 7-9월 물리화학 문제반

1. 질량이 m인 입자가 1차원 상자 안에서 $x=0$과 $x=L$ 사이를 운동하고 있다. n(양자수)$=1$인 경우의 파동함수 (Ψ)와 에너지(E)는 각각 다음과 같다.

$$\Psi=\sqrt{\frac{2}{L}}\sin(\frac{\pi x}{L}),\qquad E=\frac{h^2}{8mL^2}$$

평균 운동량 $\langle p\rangle$를 구하는 계산 과정을 쓰고, 운동량의 불확정성 값 Δp를 구하시오. (단,$\sin 2\theta=2\sin\theta\cos\theta$, $\hat{p}=-i\hbar\frac{\partial}{\partial x}$, $\hbar=\frac{h}{2\pi}$, $\Delta p=\sqrt{\langle p^2\rangle-\langle p\rangle^2}$, 그리고 $\langle p^2\rangle$는 E와 p^2 관계식을 이용한다.) [4점]

2. 질량이 m인 입자가 1차원 상자 안에서 $x=0$과 $x=L$ 사이를 운동하고 있다. n(양자수)$=3$인 경우의 파동함수 (Ψ)와 에너지(E)는 각각 다음과 같다.

$$\Psi=\sqrt{\frac{2}{L}}\sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right),\qquad E_n=\frac{n^2h^2}{8mL^2}$$

$\langle p^2\rangle$의 기대치를 h와 L이 포함된 식으로 표현하시오. (단, $2\sin^2\theta=1-\cos 2\theta$, $\hat{p}=-i\hbar\frac{\partial}{\partial x}$, $\hbar=\frac{h}{2\pi}$이다.) [2점]

① 양자역학적 현상 이해(흑체 복사, 광전효과, 원자 스펙트럼, 입자-파동 이중성, 불확정성 원리 등)
② 양자역학의 기본 가설 및 원리와 슈뢰딩거 방정식의 이용 및 해석
③ 병진, 회전, 진동 운동에 대한 양자화학적 이해
④ 수소 및 다전자 원자의 구조와 전자간 상호작용의 이해
(수소원자 스펙트럼, 원자 항 기호, 훈트 규칙, 선택 규칙 등)

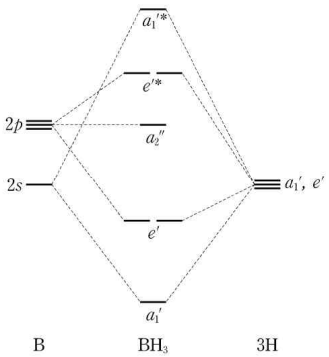
❸ 무기화학 영역

① 분자구조 및 결합론

1차 무기화학 영역 적중 문항

전공 2교시 전공 A형 기입형

1. 그림은 삼각형 구조를 가지는 BH_3 분자에 대한 분자 궤도함수(MO) 에너지 준위를 나타낸 것이고, ψ_1과 ψ_2는 3개의 H 원자 궤도함수(χ_a, χ_b, χ_c)의 선형 조합으로 이루어진 3가지 그룹 궤도함수의 일부이다.



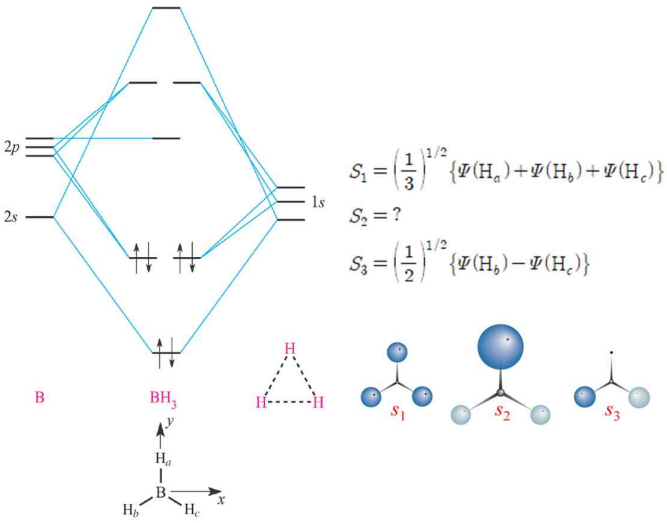
$$\psi_1 = \frac{1}{\sqrt{3}}[\chi_a + \chi_b + \chi_c]$$

$$\psi_2 = \frac{1}{\sqrt{6}}[2\chi_a - \chi_b - \chi_c]$$

나머지 1가지의 그룹 궤도함수(ψ_3)를 쓰시오. 또한, BH_3가 전자 하나를 얻어 바닥 상태의 BH_3^-가 되었을 때 에너지 준위의 낮아지는 정도가 가장 큰 분자 궤도함수는 무엇인지 쓰시오. (단, $\psi_1 \sim \psi_3$은 모두 정규화 되어 있고 서로 직교한다.) [2점]

2021학년도 대비 4-5월 무기화학 문제적응반
2021학년도 대비 7-9월 무기화학 문제반

1. 다음은 BH_3에 대한 분자 궤도함수 에너지 준위 도표, 3개의 수소 원자 1s 궤도함수에 의한 3개의 군 궤도함수 및 화학종에 대한 점군의 지표표이다.



$$S_1 = \left(\frac{1}{3}\right)^{1/2}\{\Psi(H_a) + \Psi(H_b) + \Psi(H_c)\}$$

$S_2 = ?$

$$S_3 = \left(\frac{1}{2}\right)^{1/2}\{\Psi(H_b) - \Psi(H_c)\}$$

D_{3h}	E	$2C_3$	$3C_2$	σ_h	$2S_3$	$3\sigma_v$		
A_1'	1	1	1	1	1	1		x^2+y^2, z^2
A_2'	1	1	−1	1	1	−1	R_z	
E'	2	−1	0	2	−1	0	(x, y)	(x^2-y^2, xy)
A_1''	1	1	1	−1	−1	−1		
A_2''	1	1	−1	−1	−1	1	z	
E''	2	−1	0	−2	1	0	(R_x, R_y)	(xz, yz)

BH_3에 대해 3개의 수소 원자의 1s 궤도함수들을 기저(basis)로 할 때, 기약 표현의 합($\Gamma_{H1s}^{(3)}$)을 구하는 과정과 결과로 표현하시오. 최저 비점유 분자궤도함수(LUMO)에 기여하는 궤도함수는 붕소 원자(B)의 어떤 궤도함수인지를 표현하시오. 군 궤도함수 S_2를 $\Psi(H_a)$, $\Psi(H_b)$ 및 $\Psi(H_c)$가 포함된 정규화된 파동함수로 표현하시오. [4점]

(1) 분자구조 및 결합론 : ① 루이스 구조, ② 원자가 결합 이론, ③ 분자궤도함수의 표현

(2) 대칭성과 군론 : ① 점군, ② 군의 특성과 표현

(3) 산-염기 화학

② 대칭성과 군론

1차 무기화학 영역 적중 문항

전공 2교시 전공 A형 서술형

10. 다음은 입체수 4, 5, 6을 가질 수 있는 중심 원자 A와 4개의 원자 B로 구성된 화합물 AB_4 중 하나인 X의 A-B 신축 진동에 대한 <자료>와 T_d의 <지표표>이다.

<자료>

	적외선 활성	라만 활성	적외선 활성이면서 라만 활성
X의 A-B 신축 진동 흡수띠의 수	1	2	0

<지표표>

T_d	E	$8C_3$	$3C_2$	$6S_4$	$6\sigma_d$		
A_1	1	1	1	1	1		$x^2+y^2+z^2$
A_2	1	1	1	-1	-1		
E	2	-1	2	0	0		$(2z^2-x^2-y^2, x^2-y^2)$
T_1	3	0	-1	1	-1	(R_x, R_y, R_z)	
T_2	3	0	-1	-1	1	(x, y, z)	(xy, xz, yz)

중심 원자 A의 입체수가 5와 6일 때 원자가 껍질 전자쌍 반발(VSEPR) 원리에 따른 AB_4 구조에 해당하는 점군을 각각 쓰시오. 또한, AB_4가 정사면체 구조일 때, A-B 신축 진동에 해당하는 가약 표현을 각 대칭 조작에 해당하는 지표(character)로 쓰고, 적외선 활성이면서 라만 활성인 진동 모드에 해당하는 기약 표현을 쓰시오. 그리고 제시된 <자료>에 근거하여 X의 기하구조(geometry)를 쓰시오. (단, A와 B는 임의의 원소 기호이고, 입체수는 공유전자쌍과 비공유전자쌍 수의 합이다.) [4점]

2021학년도 대비 7-9월 무기화학 문제반
2021학년도 대비 스크릿 적중반

1. CH_4는 라만 진동 스펙트럼에서 C−H의 신축 진동 방식에 대한 (①) 개의 흡수 띠가 얻어지고, 적외선 흡수 스펙트럼에서는 (②) 개의 흡수 띠가 얻어진다. 아래의 지표표의 ㉠과 ㉡를 각각 결정하시오. 지표표를 이용하여 ①에 해당하는 숫자를 적고, 신축 진동 방식에 해당하는 기약 표현을 나타내시오. ②에 해당하는 숫자를 적고, 신축 진동 방식에 해당하는 기약 표현을 나타내시오. [2점]

T_d	E	$8C_3$	$3C_2$	$6S_4$	$6\sigma_d$		
A_1	1	1	1	1	1		$x^2+y^2+z^2$
A_2	1	1	1	-1	-1		
E	2	-1	2	0	0		$(2z^2-x^2-y^2, x^2-y^2)$
T_1	3	0	-1	1	-1	(R_x, R_y, R_z)	
T_2	3	0	-1	-1	1	(x, y, z)	(xy, xz, yz)

(1) 분자구조 및 결합론 : ① 루이스 구조, ② 원자가 결합 이론, ③ 분자궤도함수의 표현

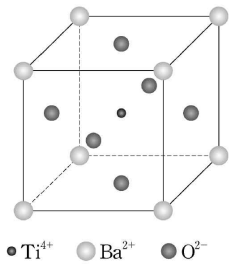
(2) 대칭성과 군론 : ① 점군, ② 군의 특성과 표현

(3) 산−염기 화학

1차 무기화학 영역 적중 문항

전공 2교시 전공 A형 기입형

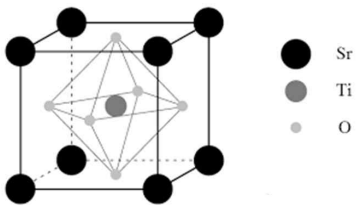
4. 그림은 $BaTiO_3$의 입방 단위 세포(cubic unit cell)를 나타낸 것이며, 여기에서 Ba^{2+}, Ti^{4+}, O^{2-}은 각각 꼭짓점, 체심, 면심에 위치한다.



Ba^{2+}과 O^{2-}의 배위수를 각각 쓰시오. 또한, 입방 단위 세포 모서리의 길이가 a이고, Ba^{2+}과 O^{2-}의 반지름 비($\frac{R_{Ba^{2+}}}{R_{O^{2-}}}$)가 c일 때, 단위 세포의 부피에서 O^{2-}이 차지하는 부피의 비율을 π와 c를 포함하는 값으로 나타내시오. [2점]

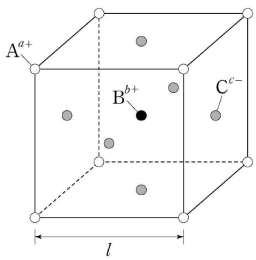
2021학년도 대비 스크릿 적중반

1. Tausonite는 Sr(스트론튬), O(산소), Ti(타이타늄)으로 이루어진 광물(이온화합물)이다. 그림에서 Tausonite의 단위세포(입방)와 단위세포에서 각 이온의 위치를 나타내었다. 입방 단위세포에서 Sr은 꼭지점에, 산소는 각 면의 중앙에, Ti는 입방체의 중앙에 위치한다. 여기서 Sr과 Ti은 양이온, O는 음이온으로 존재한다.



이 광물의 실험식을 적고, Sr의 배위수와 Ti 배위수를 각각 적으시오. (단, 양이온의 배위수는 양이온과 가장 근접한 음이온의 개수를 말한다.) [2점]

2. 그림은 A^{a+}, B^{b+}, C^{c-}으로 이루어진 이온 결합 화합물의 입방 결정계 단위 세포에서 이온의 위치를 나타낸 것이다. 이웃한 양이온과 음이온은 서로 접해 있고, A^{a+}의 반지름은 r이다.



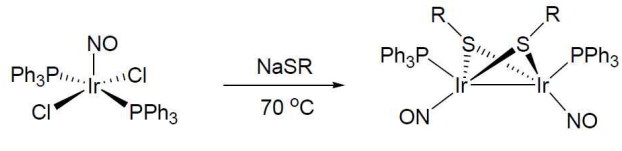
$\frac{a+b}{c}$ 비를 구하시오. C^{c-}의 반지름은 l과 r이 포함된 식으로 표현하시오. (단, A^{a+}, B^{b+}, C^{c-}은 각각 단위 세포의 꼭짓점, 체심, 면심에 위치하고, A~C는 임의의 원소 기호이다.) [2점]

① 이온결정형성의 열역학
② 결정성 고체의 구조
③ 고체의 결합
④ 부분적인 공유 결합성의 고려(Fajans 규칙)

1차 무기화학 영역 적중 문항

전공 3교시 전공 B형 기입형

2. 다음은 반응물 **A**로부터 생성물 **B**를 만드는 반응과 이에 대한 자료이다. 화합물 **A**와 **B**에서 Ir-N-O는 서로 다른 형태(굽은형 또는 직선형)이다.



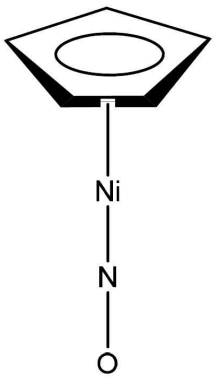
A R = *t*-Bu **B**

○ **A**는 16-전자 화학종이다.
○ **A**에서 N 원자의 혼성 궤도함수는 (㉠)이다.
○ **B**는 (㉡)-전자 화학종이다.

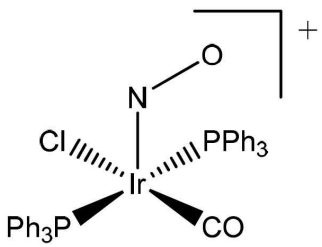
㉠과 ㉡에 해당하는 혼성 궤도함수와 값을 각각 쓰시오. (단, Ir의 바닥 상태 전자 배치는 $[Xe]4f^{14}5d^{7}6s^{2}$이다.) [2점]

2021학년도 대비 7-9월 무기화학 문제반

1. 배위화학에서 리간드 CO와 NO는 공통점이 많다. CO와 NO는 σ-주개 및 π-받개가 될 수 있고, 금속 하나와 결합하는 말단(terminal) 리간드나 두 금속과 결합하는 다리(bridging) 리간드로 작용할 수 있다. 한편, NO는 CO와는 다르게 두 가지 배위 형태가 가능하다. 중심금속인 M과 배위하였을 때, $\angle M-N-O$의 결합각이 180°의 직선형이 되기도 하고(그림 1), $\angle M-N-O$의 결합각이 140°보다 작아 구부러진 형태가 되기도 한다(그림 2). NO가 말단 리간드로 작용하여 <그림 1>과 같은 직선형의 M-N-O 구조를 형성할 때, N의 혼성 궤도함수와 <그림 2>와 같은 굽은형의 M-N-O 구조를 형성할 때, N의 혼성 궤도함수를 각각 적으시오. 고혈압 치료용 혈관 확장제로 사용되는 $[Fe(CN)_5(NO)]^{2-}$은 EAN(18전자) 규칙을 따르는 것으로 알려져 있다. $[Fe(CN)_5(NO)]^{2-}$에서 M-N-O의 구조가 직선형 또는 굽은형 중에서 어느 것인지를 결정하고, 그 이유를 구체적으로 적으시오. (단, Fe 원자와 Ni의 전자 배치는 각각 $[Ar]3d^{6}4s^{2}$와 $[Ar]3d^{8}4s^{2}$이다.) [4점]



<그림 1>



<그림 2>

① 결합
② 전자 스펙트럼(상관도표의 이해)
③ 구조와 이성질체
④ 반응 및 메커니즘

1차 무기화학 영역 적중 문항

전공 3교시 전공 B형 서술형

10. <자료 1>은 금속 이온(M^{2+})의 수화 반응식과 실험을 통해 얻은 4주기 일부 금속 이온의 수화 엔탈피(ΔH_1) 및 d 궤도함수 갈라짐을 고려하지 않고 계산한 수화 엔탈피(ΔH_2)를 나타낸 것이고, <자료 2>는 d^3 정팔면체 착화합물의 3개의 스핀허용 전이와 각각의 전이에 해당하는 파수(ν_1, ν_2, ν_3)를 나타낸 것이다.

<자료 1>

$$M^{2+}(g) + 6H_2O(l) \rightarrow [M(H_2O)_6]^{2+}(aq)$$

금속 이온	$\Delta H_1(kJ \cdot mol^{-1})$	$\Delta H_2(kJ \cdot mol^{-1})$
V^{2+}	− 2814	− 2640
Mn^{2+}	− 2743	− 2743
Co^{2+}	− 2904	− 2816
Zn^{2+}	− 2936	− 2936

<자료 2>

스핀허용 전이	파수(cm^{-1})
$^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{2g}$	ν_1
$^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}(F)$	ν_2
$^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{1g}(P)$	ν_3

<자료 1>에서 수화 엔탈피의 절댓값($|\Delta H_1|$)이 Mn^{2+}보다 Zn^{2+}이 큰 이유를 쓰고, $[Co(H_2O)_6]^{2+}$의 Δ_o ($kJ \cdot mol^{-1}$)의 값을 구하여 쓰시오. 또한, <자료 1>과 <자료 2>를 이용하여 $[V(H_2O)_6]^{2+}$의 ν_1(cm^{-1})을 구하는 과정과 결과를 쓰시오. (단, Δ_o는 팔면체 착화합물의 결정장 갈라짐 에너지이다. V과 Co의 바닥 상태의 전자 배치는 각각 $[Ar]3d^34s^2$와 $[Ar]3d^74s^2$이며, $1.0\,kJ \cdot mol^{-1} = 84\,cm^{-1}$이다. 스핀-궤도 짝지음과 일그러짐(distortion) 및 같은 상태 항의 혼합(mixing)은 무시한다.) [4점]

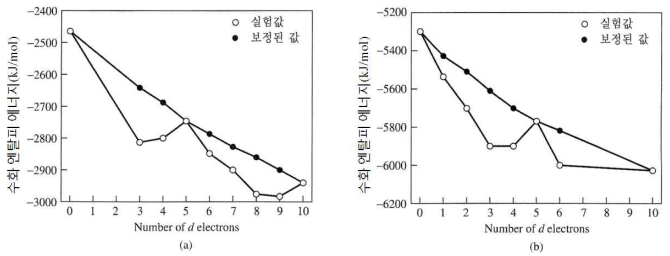
2021학년도 대비 1-3월 무기화학 내용반 (페이지 : 294-295)

< 전이 금속 이온의 수화 엔탈피 에너지($\Delta H_{수화}$) >

전이 금속 이온의 수화 엔탈피 에너지는 무한 묽힘에서 측정되며, 6개의 물 분자만이 금속 이온의 배위되어 팔면체 아쿠아 착물을 형성한다. 이 수화 엔탈피 에너지는 헥사아쿠아 착물의 생성 엔탈피 에너지와 밀접한 관계가 있다.

$$M^{2+}(g) + 6H_2O(l) \rightarrow [M(H_2O)_6]^{2+}(aq) \quad \Delta H_{수화} < 0$$

만약 첫 번째 전이원소 계열(불안정한 Sc^{2+}는 제외하고)의 2가 이온과 3가 이온에 대한 $\Delta H_{수화}$값을 원자번호의 함수로서 도표로 표시하면, 앞의 그림에 나타낸 것과 매우 비슷한 곡선이 얻어진다(아래의 그림).



Point Check ✔✔✔!!!

6배위 금속이온에 대해 큰 모순이 생기더라도 그것은 금속이온의 결정장 안정화 에너지(CFSE) 때문이라고 할 수 있다. 그러한 모순을 나타내지 않는 이온들은 d^0, d^5(고스핀)와 d^{10}배치로 모두 결정장 안정화 에너지(CFSE)가 0이다. Ca^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}의 이온은 거의 직선 위에 있으나, 다른 이온은 이 직선에서 벗어나며, 그 편차는 V^{2+}와 Ni^{2+}의 영역에서 최대가 된다. 약한 팔면체장에서 $V^{2+}(d^3)$와 $Ni^{2+}(d^8)$가 가장 큰 결정장 안정화 에너지(CFSE$=1.2\Delta_o$)를 갖는다는 것을 나타낸다. d^2, d^4, d^7, d^9 이온은 약간 작고(0.6과 $0.8\Delta_o$) d^0, d^5(고스핀)와 d^{10} 이온은 0의 결정장 안정화 에너지를 가지며, 실험 오차는 크지만 정성적으로 곡선의 모양을 설명할 수 있다.

① 결합
② 전자 스펙트럼(상관도표의 이해)
③ 구조와 이성질체
④ 반응 및 메커니즘

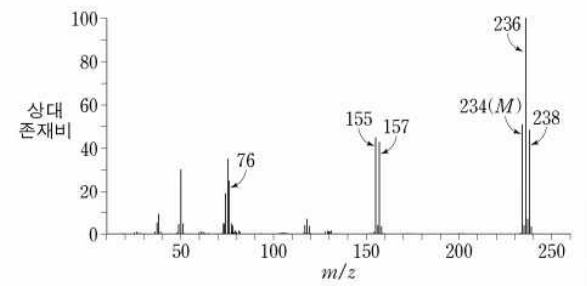
❹ 유기화학 영역

1차 유기화학 영역 적중 문항 1

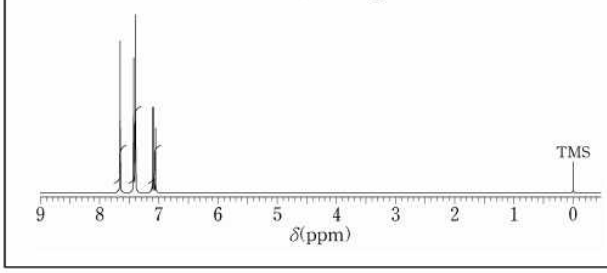
2021학년도 교원임용기출 2교시 2번

2. 다음은 할로젠(halogen) 원자 2개를 포함하는 어떤 유기 화합물의 질량 스펙트럼과 ^{1}H NMR 스펙트럼이다. 이 화합물의 구조를 그리시오. [2점]

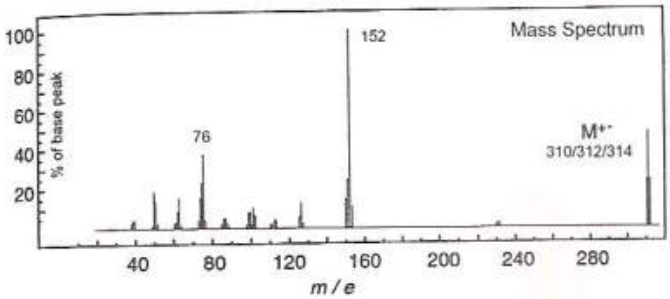
[질량 스펙트럼]



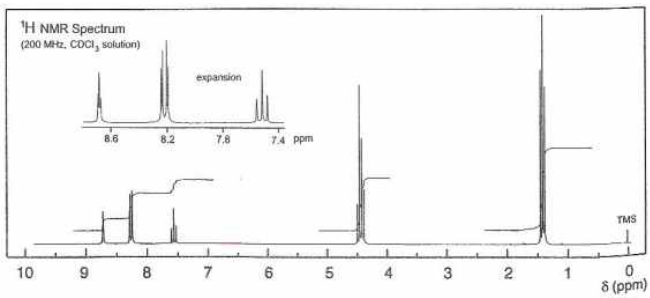
[^{1}H NMR 스펙트럼(300 MHz, $CDCl_3$)]



7~9월 유기분광학 문제풀이 7번



7~9월 유기분광학 문제풀이 7번



기출 설명

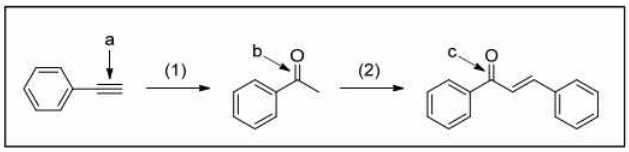
질량 스펙트럼에서는 M : M+2 : M+4 피크가 1 : 2 : 1 이므로 Br 2개가 존재하고 H－NMR에서는 벤젠고리에 동일한 치환기가 서로 meta 위치에 치환된 이치환 벤젠의 전형적인 피크를 보인다.

① 산과 염기
② 입체화학
③ 작용기와 반응성 및 반응형태
④ 입체화학유기 반응 및 합성
⑤ 유기 분자 구조 결정법
⑥ 유기화학 실험

1차 유기화학 영역 적중 문항 2

2021학년도 교원임용기출 2교시 3번

3. 다음은 phenylacetylene으로부터 최종 주생성물 (*E*)-chalcone을 합성하는 과정이다. (단, 각 단계에서 적절한 분리·정제 과정을 수행하였다.)



<보 기>

㉠ $PhCH_2OH$, NaOH　　㉡ $HgSO_4$, H_2SO_4, H_2O

㉢ PhCHO, NaOH　　㉣ 1) BH_3·THF, 2) H_2O_2, NaOH

(1)과 (2)에 들어갈 적절한 반응 조건을 <보기>의 ㉠~㉣에서 1가지씩 골라 순서대로 쓰시오. 또한, IR 스펙트럼에서 결합 a~c를 신축 진동 파수(cm^{-1})가 큰 것부터 작은 순서로 나열하시오. [2점]

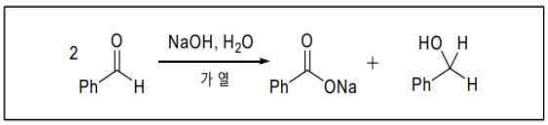
<기출 설명>

알카인의 수은촉매 수화반응으로 생성된 엔올이 토토머 이성질 현상에 의해 케토로 전환되고, 이어 혼성 알돌 축합 반응으로 α,β-불포화 카보닐 화합물이 얻어지는 반응이다.

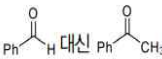
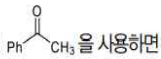
IR 스펙트럼에서 알카인은 $2128cm^{-1}$, 케톤은 $1715cm^{-1}$인데, 컨쥬게이션 되어 있는 케톤의 경우 공명에 의해 $20\sim45cm^{-1}$ 정도 낮은 파수에서 관찰되고, 벤젠 고리와 알켄으로 컨쥬게이션 되어 있는 케톤의 경우는 파수가 더 많이 감소한다.

7월~9월 주관식 문제 실전 솔루션 10번

10. 다음 반응은 1853년 이탈리아의 유기화학자 Cannizzaro가 벤즈알데하이드로부터 환원 생성물인 벤질알코올과 산화 생성물인 벤조산을 동시에 생성한 Cannizzaro 반응이다.



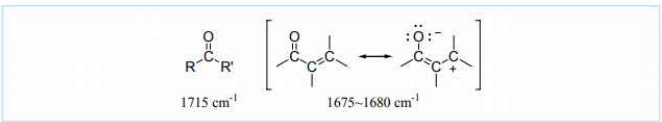
다음 물음에 답하시오.

10-3.  대신  을 사용하면 어떤 생성물이 얻어지겠는가? 메커니즘을 통해 생성물의 구조를 예측하시오.

자신만만 유기 분광학 p22, p32

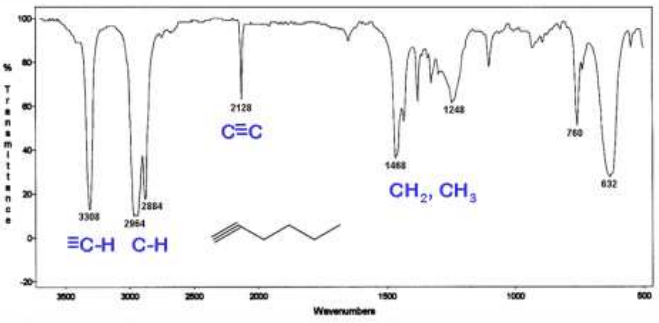
④ 공명(resonance)도 결합의 강도와 길이에 영향을 미치고 결과적으로 힘 상수에도 영향을 미친다.

공명의 증가는 그만큼 결합력이 감소시키고 결합 길이를 증가시킴으로써 흡수는 낮은 주파수로 이동시킨다. 예를 들어 두 개의 알킬기가 카보닐과 연결되어 있는 케톤을 보면,



ketone에서 카보닐기(C=O)의 신축진동의 기본값은 $1715cm^{-1}$가 된다. α,β-불포화 케톤(enone)은 이것보다 최소 $20\sim45cm^{-1}$정도 낮은 파수에서 관찰이 된다. 그 이유는 다음과 같은 공명이 존재하기 때문이다. 공명이 있게 되면 이중 결합이 단일 결합 성격을 동시에 띠게 되므로 결합길이는 이중 결합과 단일 결합의 중간 정도인 1.5중 결합이 될 것이다. 따라서, 파수는 감소하므로 $1615\sim1680cm^{-1}$까지 크게 감소하는 것을 알 수 있다.

① C≡C 신축 진동



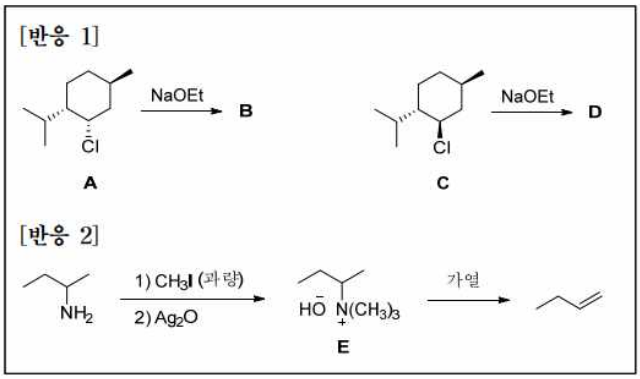
1-hexyne의 적외선 스펙트럼

① 산과 염기
② 입체화학
③ 작용기와 반응성 및 반응형태
④ 입체화학유기 반응 및 합성
⑤ 유기 분자 구조 결정법
⑥ 유기화학 실험

1차 유기화학 영역 적중 문항 3

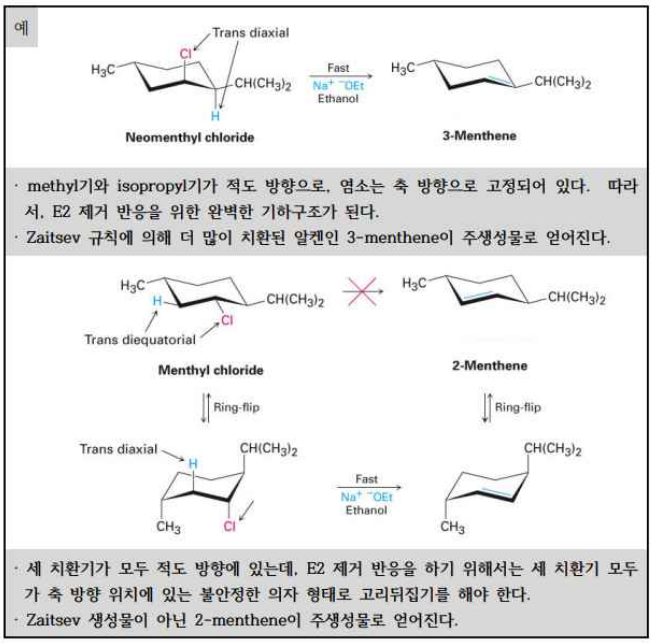
2021학년도 교원임용기출 3교시 8번

8. 다음은 E2 제거반응을 거쳐 최종 생성물이 형성되는 반응이다. (단, **A**와 **C**는 카이랄(chiral) 화합물이고, 각 반응에서 적절한 분리·정제 과정을 수행하였다.)



[반응 1]에서 주생성물 **B**와 **D**의 입체구조를 각각 그리시오. 또한, 동일 반응 조건에서 **A**와 **C** 중 반응 속도가 큰 것의 구조를 가장 안정한 의자 형태(chair conformation)로 그리시오. 그리고 [반응 2]에서 **E**로부터 최종 주생성물 1-butene이 생성되는 E2 반응 메커니즘을 **E**의 뉴먼 투영도(Newman projection)를 그려서 설명하시오. [4점]

1~3월 all in one 통합이론서 p150
10장 할로젠화 알킬



기출 설명

사이클로헥세인에서 안티 준평면을 만족하는 수소와 염소가 염기에 의해 제거되면서 얻어지는 생성물의 구조를 그리고, 안정한 형태와 불안정한 형태에서의 E2 반응 속도 차이를 설명하는 문제이다. 호프만 제거 반응으로 덜 치환된 알켄을 만드는 반응도 안티 준평면의 구조를 만족하는 E2 메커니즘으로 진행된다.

① 산과 염기
② 입체화학
③ 작용기와 반응성 및 반응형태
④ 입체화학유기 반응 및 합성
⑤ 유기 분자 구조 결정법
⑥ 유기화학 실험