

이름: _____

- 시험시간: 3:00 PM - 5:00 PM
- 휴대전화는 끌 것
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음
- 답은 반드시 각 문제에 주어진 네모 또는 밑줄 안에 적을 것. 네모의 크기와 답의 길이는 상관관계가 없음
- 답의 단위가 주어졌을 경우 반드시 단위에 맞추어 답을 적을 것
- 각 문항에서 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임. 빈 공간의 크기와 풀이의 길이는 상관관계가 없음.
- 시험에 필요한 상수나 데이터는 별지에 있음.
- 문제수: 15
- Page 수: 5 (문제 4 + 자료 1)
- 만점: 370점

1. (20점) 다음 측정값은 각각 어떤 물리량을 측정한 것인가? 또 각 측정값을 SI 기본 단위와 지수표기법으로 표시하시오. (유효숫자 주의)

측정값	물리량	지수표기법과 SI 기본단위로 표현
25 J	에너지	$2.5 \times 10 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$
34 cm/s	속도	$3.4 \times 10^{-1} \text{ m/s}$
34 Pa	압력	$3.4 \times 10^1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$
83.6 Hz	진동수(파주)	$8.36 \times 10^1 \text{ /s}$
25 N	힘	$2.5 \times 10^1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$
285 g/L	밀도	$2.85 \times 10^2 \text{ kg}/\text{m}^3$

2. (5+10=15점) (1) 다음 금속 아연에 대한 설명 중 물리적 성질을 있는 대로 모두 고르시오.

- ① 아연은 420°C에서 녹는다.
- ② 아연 가루를 묶은 염산 수용액에 넣으면, 수소가 발생하고 아연은 녹는다.
- ③ 아연의 경도는 모스(Mohs)단위로 2.5이고, 밀도는 7.13 g/cm³이다.
- ④ 높은 온도에서 산소와 천천히 반응하여 산화 아연(ZnO)이 된다.

①, ③

(2) 위의 네 가지 보기 중 화학적 성질에 대한 것을 있는 대로 모두 골라, 해당하는 번호의 칸에 균형 잡힌 화학반응식으로 표현하시오.

번호	균형 잡힌 화학반응식
①	
②	$\text{Zn(s)} + 2 \text{ HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$
③	
④	$2 \text{ Zn(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{ ZnO(s)}$

3. (10+10+10+10=40점) 다음 표는 아연(Zn)과 산소(O)의 동위원소와 자연 존재비이다. (단, 각 동위원소의 원자질량은 질량수와 같다고 가정한다.)

동위원소	자연존재비(%)	동위원소	자연존재비(%)
⁶⁴ Zn	40	¹⁶ O	70
⁶⁶ Zn	20	¹⁷ O	10
⁶⁷ Zn	10	¹⁸ O	20
⁶⁸ Zn	20		
⁷⁰ Zn	10		

(참고: 위 표에서 자연존재비는 문제 출제를 위해 실제값과 다른 값을 가정한 것이다. 실제 값은 시험 후 조사하기 바랍니다.)

(1) 아래 이온에 대하여 양성자의 개수, 중성자의 개수, 전자의 개수를 쓰시오,

이온	양성자의 개수	중성자의 개수	전자의 개수
⁶⁴ Zn ²⁺	30	34	28
¹⁶ O ²⁻	8	8	10

(2) O의 평균원자량은 얼마인가?

$$\begin{aligned} \text{평균원자량} \\ &= 16 \times 0.7 + 17 \times 0.1 + 18 \times 0.2 \\ &= 16.5 \end{aligned}$$

평균원자량: 16.5 amu

(3) 질량이 서로 다른 ZnO는 몇 가지가 있는가? 그 중 질량이 두 번째로 작은 것, 두 번째로 큰 것의 질량은 얼마인가?

종류	9가지
두 번째로 작은 질량	80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88 amu
두 번째로 큰 질량	80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88 amu

(4) ZnO 중 질량이 84 amu 인 것의 자연존재비는 몇 %인가?

$$\begin{aligned} 84 \text{ amu 인 것의 자연존재비} \\ &= \text{자연존재비}(\text{}^{66}\text{Zn}^{16}\text{O}) + \text{자연존재비}(\text{}^{67}\text{Zn}^{17}\text{O}) + \text{자연존재비}(\text{}^{68}\text{Zn}^{16}\text{O}) \\ &= 0.2 \times 0.2 + 0.1 \times 0.1 + 0.2 \times 0.7 \\ &= 0.19 \\ &= 19\% \end{aligned}$$

자연존재비: 19 (%)

4. (25점) 아래 화합물에 대하여 분자화합물인지 이온결합화합물인지 밝히고, 이름은 화학식으로, 화학식은 이름으로 쓰시오.

이름	분자화합물? 이온결합화합물?	화학식
수산화마그네슘	이온결합화합물	Mg(OH) ₂
과염소산	분자화합물	HClO ₄
염화암모늄	이온결합화합물	NH ₄ Cl
탄산크로뮴(III)	이온결합화합물	Cr ₂ (CO ₃) ₃

5. (10+5+10=25점) 마그네슘 금속 분말(Mg(s)), 질산포타슘 용액(KNO₃(aq)), 질산은 용액(AgNO₃(aq))이 있다.

(1) 아래 각 화학종에 있는 원소의 산화수는?

화학종	원소	산화수
Mg(s)	Mg	0
KNO ₃ (aq)	K	+1
	N	+5
	O	-2
AgNO ₃ (aq)	Ag	+1

(2) 질산포타슘 용액과 질산은 용액 중 어느 용액이 마그네슘 분말과 반응할 수 있는가?

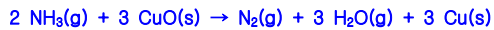
질산은 용액(AgNO₃(aq))

(3) 마그네슘 금속 분말(Mg(s))을 (2)의 용액에 넣을 때 일어나는 반응의 균형 맞춘 알짜 이온반응식을 쓰시오.



6. (10+15+5=30점) 암모니아[NH₃(g)]와 산화구리[CuO(s)]는 반응하여 질소분자[N₂(g)]와 수증기[H₂O(g)] 그리고 구리금속[Cu(s)]를 발생시킨다.(단, H의 원자량 = 1.0 amu, N의 원자량 = 14.0 amu, O의 원자량 = 16.0 amu, Cu의 원자량 = 63.5 amu)

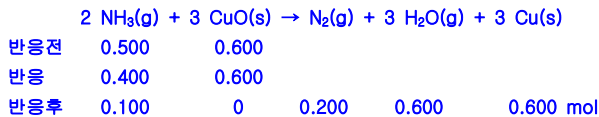
(1) 위에서 설명한 반응에 대하여 균형 잡힌 화학반응식을 쓰시오.



(2) 밀폐된 용기에서 8.50 g의 NH₃와 47.7 g의 CuO를 반응시켰다. 수득률이 100% 라면, 몇 mol 의 N₂, Cu가 각각 생성되는가? 또 몇 g의 H₂O 가 생성되는가?

$$\text{NH}_3 \ 8.50 \text{ g} = 8.50 \text{ g} \times (1 \text{ mol} / 17.0 \text{ g}) = 0.500 \text{ mol}$$

$$\text{CuO} \ 47.7 \text{ g} = 47.7 \text{ g} \times (1 \text{ mol} / 79.5 \text{ g}) = 0.600 \text{ mol}$$



$$\text{H}_2\text{O} \ 0.600 \text{ mol} = 0.600 \text{ mol} \times (18.0 \text{ g/mol}) = 10.8 \text{ g}$$

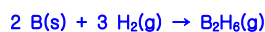
물질	N ₂	Cu	H ₂ O
생성된 양	0.200 mol	0.600 mol	10.8 g

(3) (2)의 반응에서 과잉시약과 한계시약은 각각 어떤 것인가?

과잉시약	한계시약
NH ₃	CuO

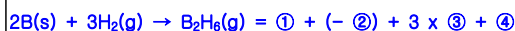
7. (10+20=30점) Diborane(B₂H₆)은 매우 반응성이 커서 로켓의 연료로 사용하려고 한 적이 있다. 열역학적 data들을 사용하여 Diborane(B₂H₆(g))의 표준생성엔탈피(ΔH_{for}°)를 구하려고 한다.

(1) B는 표준상태(25°C, 1atm)에서 고체(B(s))로 존재하고 H는 표준상태에서 기체(H₂(g))로 존재한다. B₂H₆(g)의 표준생성엔탈피라 함은 어떠한 반응에 대한 엔탈피 변화량인가?

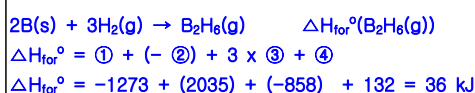


(2) 다음의 열역학적 data들을 사용하여 Diborane(B₂H₆(g))의 표준생성엔탈피(ΔH_{for}°)를 구하시오.

- ① $2\text{B}(\text{s}) + 3/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3(\text{s})$ ΔH° = -1273 kJ
- ② $\text{B}_2\text{H}_6(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ΔH° = -2035 kJ
- ③ $\text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ΔH° = -286 kJ
- ④ $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ΔH° = 44 kJ



- ① $2\text{B}(\text{s}) + 3/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{O}_3(\text{s})$
ΔH° = -1273 kJ
- ② $\text{B}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{B}_2\text{H}_6(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g})$
ΔH° = 2035 kJ
- 3 x ③ $3\text{H}_2(\text{g}) + 3/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
ΔH° = -286 kJ x 3 = -858 kJ
- 3 x ④ $3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
ΔH° = 44 kJ x 3 = 132 kJ



$$\Delta H_{\text{for}}^\circ(\text{B}_2\text{H}_6(\text{g})) = 36 \text{ kJ/mol}$$

8. (10+15+5=30점) 발작과 조울증의 치료에 사용되는 발프로산(valproic acid)은 C, H, O로 구성된다. 시료 0.165 g을 연소시키니 H₂O 0.166 g, CO₂ 0.403 g 이 발생하였다.(단, H의 원자량 = 1.0 amu, C의 원자량 = 12.0 amu, O의 원자량 = 16.0 amu)

(1) H₂O에서 H의 질량 백분율, CO₂에서 C의 질량 백분율은 각각 얼마인가?

$$\text{H}_2\text{O에서 H의 질량 백분율} = 2.0 \text{ amu} / 18.0 \text{ amu} = 0.111 = 11.1 \%$$

$$\text{CO}_2\text{에서 C의 질량 백분율} = 12.0 \text{ amu} / 44.0 \text{ amu} = 0.273 = 27.3 \%$$

	H ₂ O에서 H	CO ₂ 에서 C
질량백분율	11.1 %	27.3 %

(2) 발프로산의 실험식은 무엇인가?

$$\text{H}_2\text{O} \ 0.166 \text{ g}$$

$$\text{H의 질량} = 0.166 \text{ g} \times 0.111 = 0.0184 \text{ g}$$

$$\text{CO}_2 \ 0.403 \text{ g}$$

$$\text{C의 질량} = 0.403 \text{ g} \times 0.273 = 0.110 \text{ g}$$

$$\text{시료} \ 0.165 \text{ g}$$

$$\text{O의 질량} = 0.165 - 0.0184 - 0.110 = 0.0366 \text{ g}$$

$$\text{H의 몰 수} = 0.0184 \text{ g} / (1.00 \text{ g/mol}) = 0.0184 \text{ mol}$$

$$\text{C의 몰 수} = 0.110 \text{ g} / (12.0 \text{ g/mol}) = 0.00917 \text{ mol}$$

$$\text{O의 몰 수} = 0.0366 \text{ g} / (16.0 \text{ g/mol}) = 0.00228 \text{ mol}$$

$$\text{C:H:O} = 0.00917 : 0.0184 : 0.00228 \approx 4:8:1$$

발프로산의 실험식: C₄H₈O

발프로산의 실험식: C₄H₈O

(3) 발프로산의 몰 질량이 144 g/mol 이라면 분자식은?

$$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O의 화학식량} = 4 \times 12 + 8 \times 1 + 1 \times 16 = 72 \text{ amu}$$

$$\text{발프로산의 몰질량} = 144 \text{ g/mol}$$

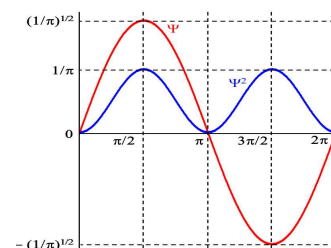
$$\text{발프로산의 화학식량} = 144 \text{ amu}$$

$$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O : 발프로산} = 1:2$$

$$\text{발프로산의 분자식 : C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$$

발프로산의 분자식: C₈H₁₆O₂

9. (15점) 한 개의 전자를 가지고 있는 가상의 일차원 계가 있다. 아래 그림에 나타난 전자에 대한 파동 함수는 $\psi(x) = (1/\sqrt{\pi})\sin(x)$ 이다.(단, $0 \leq x \leq 2\pi$)



(1) 전자를 발견할 확률 밀도 $\psi^2(x)$ 를 위 그림에 그리시오.

(2) 어느 x의 값들에서 전자를 발견할 확률이 가장 큰가?

$$\pi/2, 3\pi/2$$

(3) (2)의 x의 값들에서 사이에서 전자를 발견할 확률은?

$$1/2$$

(4) 위의 파동함수에서 마디(node)의 위치는?(양 끝 경계는 마디가 아니다.)

$$x = \pi$$

10. (25점) 아세트산(CH_3COCH_3)은 비전해질, 하이포염소산(HClO)은 약산, 수산화나트륨(NaOH)은 강전해질이다. 각 화합물 0.1 mol을 물에 녹여 0.5 L 수용액을 만들었다. 각 수용액에 들어있는 용질의 종류와 농도는? (각 수용액에 녹아 있는 용질의 종류는 세 가지 이하이다.) (농도는 “0.1 미만”, “0.1”, “0.1 ~ 0.2”, “0.2” 네 가지 중 하나를 골라 적어라.)

수용액	용질1		용질2		용질3	
	화학식	농도 (M)	화학식	농도 (M)	화학식	농도 (M)
CH_3COCH_3	CH_3COCH_3	0.2				
HClO	HClO	0.1~0.2	H^+	0.1 미만	ClO^-	0.1 미만
NaOH	Na^+	0.2	OH^-	0.2		

11. (10+5=15점) (1) 다음 원자나 이온의 바닥 상태의 전자배치를 화살표를 사용하여 표시하시오.

원자, 또는 이온	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s
N	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑				
F	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑				
Ne	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓				
Na	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑			
Cr	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑ ↑	↑
Mn^{3+}	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑	

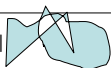
(2) (1)의 표에서 붉은 선으로 표시한 오비탈에는 두개의 전자가 들어간다. 그 오비탈의 m_l 값을 0 이라고 하자 두 개 전자의 상태를 나타내는 다른 양자수들은?

n	l	m_l	m_s
3	1	0	1/2
3	1	0	-1/2

12. (15점) 아래의 전자 배치를 하는 원자에 대하여 표의 빈 칸을 채우시오.

전자배치	원자	족	왼쪽의 전자배치는 “들뜬 상태” 또는 “바닥 상태” ?
$1s^2 2s^2 2p^5$	F	17(7A)	바닥 상태
$1s^2 2s^1$	Li	1(1A)	바닥 상태
$1s^2 2s^1 2p^6 3s^1$	Ne	18(8A)	들뜬 상태
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	Cl	17(7A)	바닥 상태

13. (5+10+15+10=40점) 철수는 1.000 M NaOH 수용액을 가지고 농도를 모르는 150.0 mL HCl 수용액을 적정하였다. 실험 온도와 적정 결과(들어간 NaOH 용액의 부피)를 기록지에 적어놓고 HCl 의 농도를 계산하려는데, 휴대 전화가 울려 급히 고다가 용액이 기록지가 쏟아졌다. 아래는 철수의 실험 기록지이다. 철수는 실험을 다시 할까 하다가 온도의 변화와 반응열을 이용하여 HCl 의 농도를 구할 수 있다고 생각하였다.

산-염기 적정			
	<u>NaOH 용액</u>		<u>HCl 용액</u>
적정전	농도	1.000 M	
	부피		150.0 mL
	용액 온도	25.1 °C	25.1 °C
적정후	들어간 NaOH 부피 		mL
	용액 온도: 30.2 °C		

(1) 위 반응의 알짜 반응식을 쓰시오.(중화 반응)



(2) (1)에 있는 중화 반응의 반응엔탈피는?

$$\begin{aligned}\Delta H_r^\circ &= \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) - \Delta H_f^\circ(\text{H}^+(\text{aq})) - \Delta H_f^\circ(\text{OH}^-(\text{aq})) \\ &= -286 \text{ kJ/mol} - (0) - (-230 \text{ kJ/mol}) \\ &= -56 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\text{반응엔탈피 : } -56 \text{ kJ/mol}$$

(3) 적정에 들어간 NaOH 용액의 부피를 구하시오.(단, HCl 용액, NaOH 용액의 밀도와 비열은 물과 같다고 가정하라.) (힌트: NaOH 의 부피를 변수로 y 로 놓은 후, “용액의 온도가 오르는 데 필요한 열량 = 중화반응에 의해 발생한 열”의 방정식을 푼다.)

NaOH 의 부피를 y mL 라고 하면

용액의 온도가 25.1 °C 에서 30.2 °C 로 오르는데 필요한 열량, q_1

$$\begin{aligned}q_1 &= \Delta T \times \text{물의 비열} \times \text{용액의 질량} \\ &= 5.1 \text{ °C} \times 4.186 \text{ J/(g}^\circ\text{C)} \times (150 + y) \text{ g}\end{aligned}$$

중화반응에 의하여 발생한 열량, q_2

$$\begin{aligned}q_2 &= -\text{반응엔탈피(J/mol)} \times \text{반응 몰 수 (mol)} \\ &= -\text{반응엔탈피(J/mol)} \times (\text{부피} \times \text{농도}) \\ &= 56000 \text{ J/mol} \times (y/1000 \text{ L} \times 1.000 \text{ mol/L})\end{aligned}$$

$q_1 = q_2$ 이므로

$$\begin{aligned}5.1 \times 4.186 \times 150 + 5.1 \times 4.186 \times y &= 56000/1000 \times y \\ y &= (5.1 \times 4.186 \times 150) / (56000/1000 - 5.1 \times 4.186) \\ &= 92\end{aligned}$$

따라서 적정에 들어간 NaOH 용액의 부피는 92(92.4) mL

$$\text{NaOH 용액의 부피 : } 92(92.4) \text{ mL}$$

(4) HCl 의 농도는?

$$\begin{aligned}M_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}} &= M_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}} \\ 1.000 \text{ mol/L} \times 92(92.4) \text{ mL} &= N_{\text{HCl}} \times 150 \text{ mL}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{\text{HCl}} &= 92(92.4)/150 \text{ mol/L} \\ &= 0.61(0.616) \text{ M}\end{aligned}$$

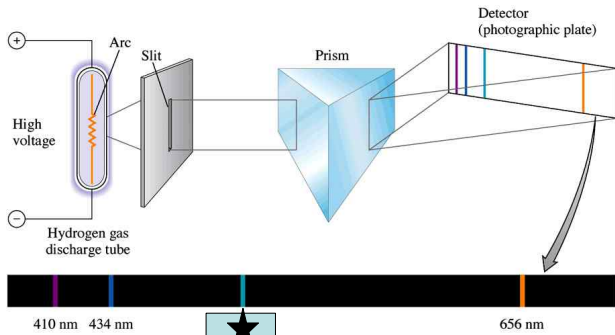
$$\text{HCl의 농도 : } 0.61(0.616) \text{ M}$$

14. (5+5+10=20점) 러더포드(Rutherford)는 알파입자 산란 실험으로부터 원자는 가운데 무거운 핵이 있고 전자는 그 주위를 원형궤도를 따라 돌고 있다고 하였다.

(1) 러더포드 원자 모델의 문제점을 간단히 한 문장으로 써라.

전자는 핵으로 떨어져야 한다.

(1)의 문제점 때문에 Bohr는 새로운 원자 모델을 제시하였다. 이에 따르면 원자는 정해진 궤도를 따라 돌고 있으며, 각 궤도의 반지름은 $r_n = n^2 \cdot a_0$ (a_0 는 Bohr의 반지름, n =자연수)로 주어지고 각 궤도의 에너지 준위는 $E_n = -R_H \cdot Z^2/n^2$ (R_H 는 Rydberg 상수, Z 는 원자번호)이다. Bohr의 원자모형은 수소꼴 원자에만 적용되는 한계를 가지고 있다. 지금은 원자에서 전자의 상태를 파동함수(또는 오비탈)로 표현한다. 아래 그림은 수소 스펙트럼 중 Balmer 계열로 전자가 n_2 궤도(또는 주양자수 n_2 인 오비탈)에서 n_1 궤도(또는 주양자수 n_1 인 오비탈)로 전이할 때 방출하는 빛들의 파장들 중 파장이 긴 네 개의 이다.



(2) 별표(★)의 빛이 방출될 때 n_1 , n_2 는 각각 얼마인가?

n_1	2	n_2	4
-------	---	-------	---

(3) 별표(★) 빛의 파장은 몇 nm인가?(단, $hc/R_H = 9.121 \times 10^{-8} \text{ m}$, c = 빛의 속력)

Balmer 계열의 빛

$n_2 \rightarrow n_1$ 전이 때 빛을 방출 (이 때 $n_1 = 2$, $n_2 = 4$)

$$\Delta E = R_H(1/n_1^2 - 1/n_2^2) = R_H(1/4 - 1/16)$$

$$= 3R_H/16$$

$$= hv = hc/\lambda$$

$$\therefore \lambda = (16/3) hc/R_H$$

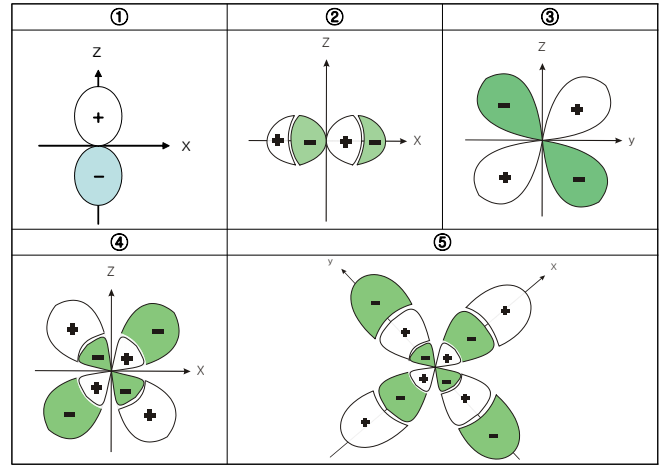
$$= (16/3) \times 9.121 \times 10^{-8} \text{ m} = 4.86 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$= 486 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$= 486 \text{ nm}$$

$$\lambda = 486 \text{ nm}$$

15. (5+5+5+5+5=25점) 다음은 몇 가지 원자오비탈의 그림이다.



(1) ①의 오비탈 이름은 $2p_z$ 이다. ⑤의 오비탈 이름은?

$5d_{x^2-y^2}$

(2) l 값(각 운동량 양자수, 부양자수)이 2인 것을 있는 대로 모두 고르시오,

③ ④ ⑤

(3) n 값(주양자수)이 3 인 것을 있는 대로 모두 고르시오,

② ③

(4) 각방향마디(angular node)가 두 개 있는 것을 있는 대로 모두 고르시오,

③ ④ ⑤

(5) 문제 14에서 전자의 전이는 $n_2 \rightarrow n_1$ 이다. 위 ①, ②, ③, ④, ⑤ 중 n_1 , n_2 에 해당하는 것은 각각 무엇인지 있는 대로 모두 고르시오.

n_1	①	n_2	④
-------	---	-------	---

<상수>			
Avogadro의 수(N_A)	$6.022 \times 10^{23} / \text{mol}$		
Planck 상수(h)	$6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$		
<단위 변환>			
1 atm	$760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$		
<밀도, 비열, 증발열, 녹음열>			
물의 비열($C_p(\text{H}_2\text{O}(\text{l}))$)	$1.00 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) = 4.186 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) = 75.29 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$		
<(방정)식>			
수소꼴 원자에서의 전자 오비탈 에너지 준위	$E_n = -R_H \left(\frac{Z^2}{n^2} \right) = -2.178 \times 10^{-18} \text{ J} \left(\frac{Z^2}{n^2} \right) \quad (n=1,2,...)$		
빛의 속도	$c = \nu \lambda = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$		
빛의 에너지	$\Delta E = h\nu$		
<표준생성엔탈피: ΔH_f° (kJ/mol)>			
화합물	ΔH_f° (kJ/mol)	화합물	ΔH_f° (kJ/mol)
$\text{H}^+ (\text{aq})$	0	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	226.77
$\text{OH}^- (\text{aq})$	-230	$\text{CO}_2(\text{g})$	-293.5
$\text{H}_2\text{O} (\text{l})$	-286	$\text{CH}_4(\text{g})$	-78.4
$\text{H}_2\text{O} (\text{g})$	-242		

PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS

PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS																		INERT GASES			
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA							
1 H 1.00797															1 H 1.00797	2 He 4.0026					
3 Li 6.939	4 Be 9.0122															5 B 10.811	6 C 12.0112	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.183
11 Na 22.9898	12 Mg 24.312															13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.909	36 Kr 83.80				
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.905	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.4	47 Ag 107.870	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.904	54 Xe 131.30				
55 Cs 132.905	56 Ba 137.34	*57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.980	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)				
87 Fr (223)	88 Ra (226)	†89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 ? (271)	111 ? (272)	112 ? (277)										

Numbers in parenthesis are mass numbers of most stable or most common isotope.

Atomic weights corrected to conform to the 1963 values of the Commission on Atomic Weights.

The group designations used here are the former Chemical Abstract Service numbers.

* Lanthanide Series

58 Ce 140.12	59 Pr 140.907	60 Nd 144.24	61 Pm [147]	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.924	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
--------------------	---------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	--------------------

† Actinide Series

90 Th 232.038	91 Pa [231]	92 U 238.03	93 Np [237]	94 Pu [242]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [249]	99 Es [254]	100 Fm [253]	101 Md [256]	102 No [256]	103 Lr [257]
---------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

표 4.5 • 수용액 중 금속의 활동도 계열

금속	산화 반응
리튬(Lithium)	$\text{Li}(s) \longrightarrow \text{Li}^+(aq) + e^-$
포타슘(Potassium)	$\text{K}(s) \longrightarrow \text{K}^+(aq) + e^-$
바륨(Barium)	$\text{Ba}(s) \longrightarrow \text{Ba}^{2+}(aq) + 2e^-$
칼슘(Calcium)	$\text{Ca}(s) \longrightarrow \text{Ca}^{2+}(aq) + 2e^-$
소듐(Sodium)	$\text{Na}(s) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + e^-$
마그네슘(Magnesium)	$\text{Mg}(s) \longrightarrow \text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^-$
알루미늄(Aluminum)	$\text{Al}(s) \longrightarrow \text{Al}^{3+}(aq) + 3e^-$
망가니즈(Manganese)	$\text{Mn}(s) \longrightarrow \text{Mn}^{2+}(aq) + 2e^-$
아연(Zinc)	$\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$
크로뮴(Chromium)	$\text{Cr}(s) \longrightarrow \text{Cr}^{3+}(aq) + 3e^-$
철(Iron)	$\text{Fe}(s) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^-$
코발트(Cobalt)	$\text{Co}(s) \longrightarrow \text{Co}^{2+}(aq) + 2e^-$
니켈(Nickel)	$\text{Ni}(s) \longrightarrow \text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^-$
주석(Tin)	$\text{Sn}(s) \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^-$
납(Lead)	$\text{Pb}(s) \longrightarrow \text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^-$
수소(Hydrogen)	$\text{H}_2(g) \longrightarrow 2 \text{H}^+(aq) + 2e^-$
구리(Copper)	$\text{Cu}(s) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^-$
은(Silver)	$\text{Ag}(s) \longrightarrow \text{Ag}^+(aq) + e^-$
수은(Mercury)	$\text{Hg}(l) \longrightarrow \text{Hg}^{2+}(aq) + 2e^-$
백금(Platinum)	$\text{Pt}(s) \longrightarrow \text{Pt}^{2+}(aq) + 2e^-$
금(Gold)	$\text{Au}(s) \longrightarrow \text{Au}^{3+}(aq) + 3e^-$

산화의 용이성