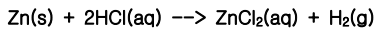


이름: _____ 학번: _____ 학과: _____

- 시험시간: 2:00 PM - 4:00 PM
- 휴대전화는 끌 것.
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음.
- 답은 각 문제에 주어진 네모 안 에 적을 것. 네모의 크기와 답의 길이는 상관관계가 없음.
- 각 문항에서 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임.
- 실험에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음.
- 문제수: 9
- Page 수: 5
- 만점: 421 점

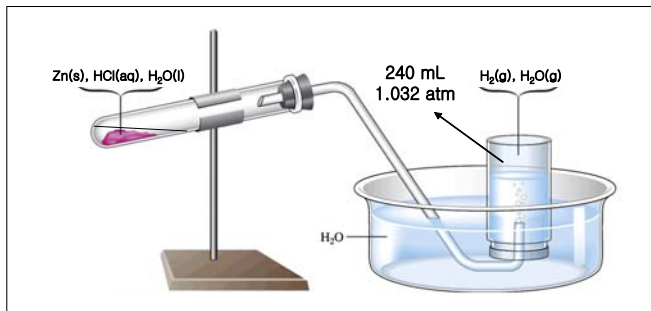
1. (2x6+10+10=32점) 실험실에서 염산 수용액에 금속아연을 넣어 소량의 수소 기체를 얻었다. 이 반응은 다음과 같이 쓸 수 있다.



(a) 위 반응에서 각 화합물에 있는 원소의 산화수는?

화합물	원소	산화수
Zn(s)	Zn	0
HCl(aq)	H	+1
	Cl	-1
ZnCl ₂ (aq)	Zn	+2
	Cl	-1
H ₂ (g)	H	0

(b) 일반적으로, 수소기체는 다음 그림과 같이 수상포집하여 얻는다.



이때 포집병에는 수증기도 함께 존재한다. 위 실험을 30°C 에서 하였는데 포집된 기체의 부피는 240 mL 이고 압력은 1.032 atm 이었다. 30°C 에서의 수증기압이 32 torr 라면 얻은 기체에서 수소의 분압은 얼마인가?

$$\begin{aligned} P_{\text{total}} &= 1.032 \text{ atm} \\ &= P_{\text{H}_2\text{(g)}} + P_{\text{H}_2\text{O(g)}} \\ &= P_{\text{H}_2\text{(g)}} + 32 \text{ torr} \\ &= P_{\text{H}_2\text{(g)}} + 32 \text{ torr} \times (1\text{atm}/760\text{torr}) \\ &= P_{\text{H}_2\text{(g)}} + 0.042 \text{ atm} \end{aligned}$$

따라서

$$\begin{aligned} P_{\text{H}_2\text{(g)}} &= 1.032 \text{ atm} - 0.042 \text{ atm} \\ &= 0.990 \text{ atm} \end{aligned}$$

0.990 atm

(c) 이 만큼의 수소 기체를 얻는데 필요한 Zn(s)의 양은 몇 g 인가?

얻은 수소 기체의 몰수

$$\begin{aligned} n_{\text{H}_2\text{(g)}} &= P_{\text{H}_2}V/RT \\ &= (0.990 \text{ atm} \times 0.240 \text{ L}) / \{0.0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{mol}\cdot\text{K}) \times 303 \text{ K}\} \\ &= 9.55 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

필요한 Zn(s) 의 몰 수

$$\begin{aligned} n_{\text{Zn(s)}} &= n_{\text{H}_2\text{(g)}} \\ &= 9.55 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

필요한 Zn(s)의 g 수

$$\begin{aligned} m_{\text{Zn(s)}} &= n_{\text{Zn(s)}} \times \text{Zn의 원자량} \\ &= 9.55 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 65.38 \text{ g/mol} \\ &= 0.624 \text{ g} \end{aligned}$$

0.624 g

2. (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 HCl의 농도를 계산하려는데 휴대 전화가 울려서 통화를 하는 도중에 용액을 쏟아서 기록지가 다음과 같이 되었다. 철수는 실험을 다시 할까 하다가 온도의 변화로 HCl의 농도를 구할 수 있다고 생각하였다.

산-염기 적정			
적정 전	농도 부피 용액 온도	NaOH 용액	HCl 용액
		1.000 M 25.1 °C	150.0 mL 25.1 °C
적정 후	들어간 NaOH 부피	_____ mL	
	용액 온도: 30.2 °C		

(a) 위 반응의 알짜 반응을 적어라. (중화 반응)



(b) (a)의 중화 반응의 반응 엔탈피는?

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

-56 kJ/mol

(c) 적정에 들어간 NaOH 용액의 부피를 구하라. (물을 제외한 모든 것들의 비열은 0 으로 가정하라, HCl 용액, NaOH 용액의 밀도는 물의 밀도와 같다고 가정하라.)

NaOH의 부피를 y mL 라고 하면

$$q_1 = \Delta T \times \text{물의 비열} \times \text{용액의 질량}$$

$$= 5.1^\circ\text{C} \times 4.186 \text{ J/(g}\cdot^\circ\text{C)} \times (150 + y) \text{ g}$$

중화반응에 의하여 발생한 열량, q_2

$$q_2 = \text{반응엔탈피(J/mol)} \times \text{반응 몰수 (mol)}$$

$$= 56000 \text{ J/mol} \times (y/1000 \text{ L} \times 1.000 \text{ mol/L})$$

$$q_1 = q_2 \text{ 이므로}$$

$$y = (5.1 \times 4.186 \times 150) / (56000/1000 - 5.1 \times 4.186)$$

$$= 92$$

따라서 적정에 들어간 NaOH 용액의 부피는 92 mL

92 mL

(d) HCl의 농도는?

$$N_{\text{NaOH}}V_{\text{NaOH}} = N_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}}$$

$$1.000 \text{ mol/L} \times 92 \text{ mL} = N_{\text{HCl}} \times 150 \text{ mL}$$

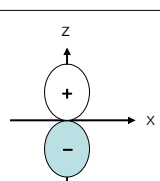
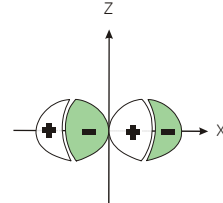
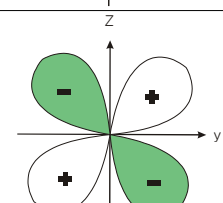
따라서

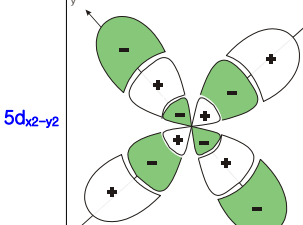
$$N_{\text{HCl}} = 92/150 \text{ mol/L}$$

$$= 0.61 \text{ M}$$

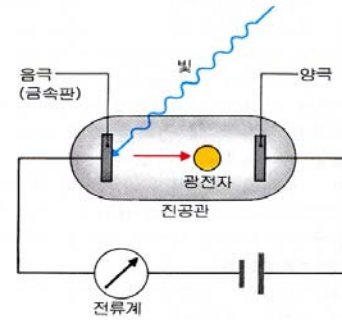
0.61 M

3. (7x4=28점) 다음의 빈칸을 채워라. (오비탈 그림은 주어진 평면에 투영한 그림을 그려라. 위상을 정확히 표시하라.) (오비탈 이름, 모양, 위상, n, l 값, radial node, angular node 수가 모두 맞아야 함. 부분점수 없음)

오비탈	그림	n 값	l 값	radial node의 수	angular node의 수
2p _z		2	1	0	1
3p _x		3	1	1	1
3d _{yz}		3	2	0	2

	5	2	2	2
---	---	---	---	---

4. (20+20=40점) 빛이 입자의 성질을 가지고 있다는 것을 밝히는 실험 중의 하나는 다음 그림과 같은 광전효과 (photoelectric effect) 이다. 즉, 금속에 파장이 짧은 빛을 비추면 전자가 튀어나오는 현상을 광전 효과라고 한다. [원소의 일 함수 (work function)는 금속 표면으로부터 전자 하나를 제거하는데 필요한 최소한의 에너지로 일차이온화 에너지의 반 이다.]



위 실험에서 금속판으로 리튬 (Li)을 사용하고 파장이 $9.00 \times 10^{-9} \text{ m}$ 인 자외선을 금속판에 쬔었을 때 리튬 판에서 튀어나오는 전자의 de Broglie 파장을 계산하여보자.

(a) 튀어나온 전자의 운동에너지는? (전자 한 개의 운동에너지)

포여준 자외선의 에너지, E_{UV}

$$E_{UV} = h\nu$$

$$= hc/\lambda$$

$$= (6.62608 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \times 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}) / 9.00 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$= 2.21 \times 10^{-17} \text{ J}$$

Li 전자의 일함수, W_0

$$W_0 = I_U/2$$

$$= 5.60 \times 10^5 \text{ J/mol} / 2$$

$$= 2.80 \times 10^5 \text{ J/mol}$$

Li 전자 한 개의 일함수, W_{e1}

$$W_{e1} = W_{e1}/N_A$$

$$= (2.80 \times 10^5 \text{ J/mol}) / (6.022 \times 10^{23} / \text{mol})$$

$$= 4.65 \times 10^{-19} \text{ J}$$

따라서 튀어나온 전자의 운동에너지, K_e

$$K_e = E_{UV} - W_{e1}$$

$$= 2.21 \times 10^{-17} \text{ J} - 4.65 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 2.16 \times 10^{-17} \text{ J}$$

$2.16 \times 10^{-17} \text{ J}$

(b) 튀어나온 전자의 de Brolie 파장은?

전자의 속도를 V_e 라고 하면 운동에너지는
 $K_e = m_e V_e^2 / 2$

따라서,

$$V_e = \sqrt{\frac{2K_e}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.16 \times 10^{-17} J}{9.109 \times 10^{-31} Kg}} = 6.89 \times 10^6 \text{ m/s}$$

de Brolie의 파장, $\lambda_{\text{de Brolie}}$

$$\lambda_{\text{de Brolie}} = h/m_e V_e = 6.62608 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} / (9.109 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 6.89 \times 10^6 \text{ m/s}) = 1.06 \times 10^{-10} \text{ m} = 0.106 \times 10^{-9} \text{ m} = 0.106 \text{ nm}$$

0.106 nm

5. (5x5+5x2=35점)

(a) 다음 원자의 전자배치를 화살표를 사용하여 표시하라. (괄호 안의 수는 원자번호를 나타낸다.)

원자, 또는 이온	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s
N	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑				
F	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑				
Ne	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓				
Na	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑			
Cr (24)	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑	↑
Mn ³⁺ (25)	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑	

(b) 위 (a)의 표에서 굵은 선으로 표시한 오비탈에는 두개의 전자가 들어간다. 그 오비탈의 m_l 값을 0 이라고 하자 두 개의 전자의 상태를 나타내는 다른 양자 수들은?

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

6. (2x12+5x5=49점) 다음의 분자 또는 이온들에서 팔전자계라고 표시한 Lewis 구조는 팔우설을 만족한다. 그러나, 여러분이 빈칸에 구하여 보면 알 수 있듯이 팔전자계의 Lewis 구조는 큰 형식전하들을 가지고 있어서 불안한 형태이다. 이 화합물들은 팔우설을 만족하지 않고 중심 원자에 확장된 껍질을 가지고 있는데 이 때 각 원자의 형식 전하는 주어진 값과 같이 작은 형식전하를 가져서 안정하다. 팔전자계에서 각 원자의 형식전하를 쓰고 확장된 껍질의 Lewis 구조를 그려라. (비공유전자쌍은 두개의 점으로 결합전자쌍은 실선으로 표시하라.)

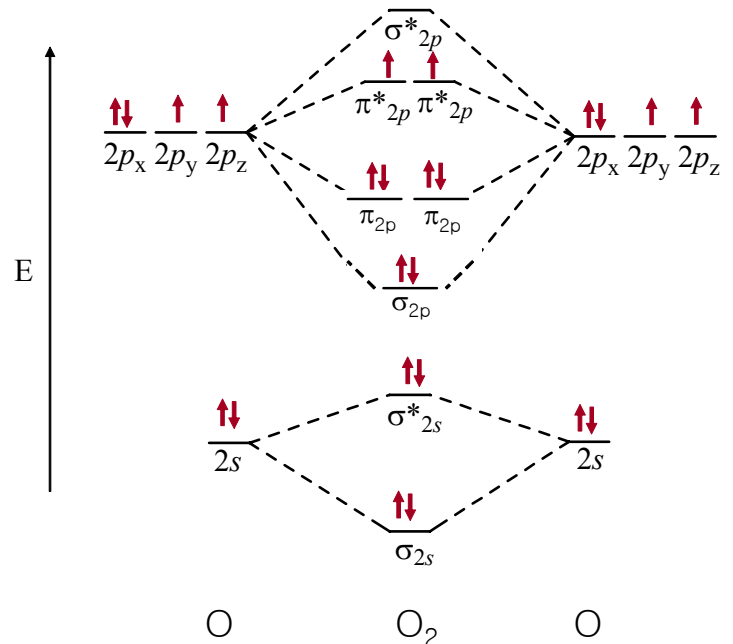
화합물	팔전자계		확장된 껍질	
	Lewis 구조	형식전하	Lewis 구조	형식전하
SO ₄ ²⁻		S 2+		S 0
		O 1-		O 0, 1-

SNF ₃		S 2+		S 0
		N 2-		N 0
		F 0		F 0
SO ₂ Cl ₂		S 2+		S 0
		O 1-		O 0
		Cl 0		Cl 0
XeO ₃		Xe 3+		Xe 0
		O -1		O 0
SO ₃ ²⁻		S +1		S 0
		O -1		O 0, -1

7. (3x4+20+2x9+12=62점) O₂ 분자에 대하여 다음을 풀어라.

(a) O₂ 분자의 Lewis 구조식은 로 그려지고 Lewis 구조식에서 보듯이 O₂ 분자는 2중결합을 가지고 있다. 원자가 결합 이론 (Valence Bond Theory) 에 의하면 O₂ 분자에는 한개의 σ 결합과 한개의 π 결합이 있다. σ 결합은 각 산소 원자의 sp^2 오비탈끼리 중첩하여 이루어지고 π 결합은 각 산소 원자의 $2p$ 오비탈끼리 중첩하여 이루어진다. 그리고 산소원자에 있는 비공유전자쌍은 sp^2 오비탈에 있다.

(b) O₂ 분자의 분자궤도함수 (Molecular Orbital, MO)의 에너지 준위도를 O 원자의 원자궤도함수 (atomic orbital)의 준위로부터 시작하여 그려라. (분자 궤도함수의 이름을 정확히 써라.) 그리고 MO에 전자배치를 화살표를 사용하여 표시하라.



(c) (b)의 에너지 준위도를 보고 O₂, O₂⁺, O₂⁻의 성질에 대하여 답하라.

성질	O ₂	O ₂ ⁺	O ₂ ⁻
결합차수	2	2.5	1.5
상자기성(paramagnetic)	상자기성	상자기성	상자기성
반자기성(diamagnetic)?	(paramagnetic)	(paramagnetic)	(paramagnetic)
결합길이 (긴 것부터 1,2,3 으로 쓸 것)	2	3	1

(d) O₂ 분자의 일차 이온화 에너지는 O 원자의 일차 이온화 에너지보다 큰가 작은가? 작다. 위의 에너지 준위도를 보고 답의 이유를 설명하라.

O 원자의 이온화 에너지는 O 원자의 2p 오비탈에 있는 전자 하나를 원자로 부터 떼어내는데 필요한 에너지고 O₂의 이온화 에너지는 O₂ 분자의 π_{2p}^* 오비탈에서 전자 하나를 분자로부터 떼어내는데 필요한 에너지이다. 그런데 O₂ 분자의 π_{2p}^* 오비탈은 반결합 (antibonding) 오비탈로서 O 원자의 2p 오비탈보다 에너지 준위가 높다. 따라서, O₂ 분자에서 전자 하나를 떼어내기 O 원자 보다 쉽다. 즉, O₂ 분자의 이온화 에너지가 O 원자의 이온화 에너지보다 작다.

참고:

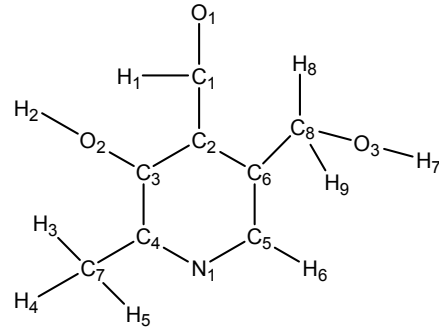
O의 이온화 에너지 = 1313 kJ/mol

O₂의 이온화 에너지 = 1164 kJ/mol

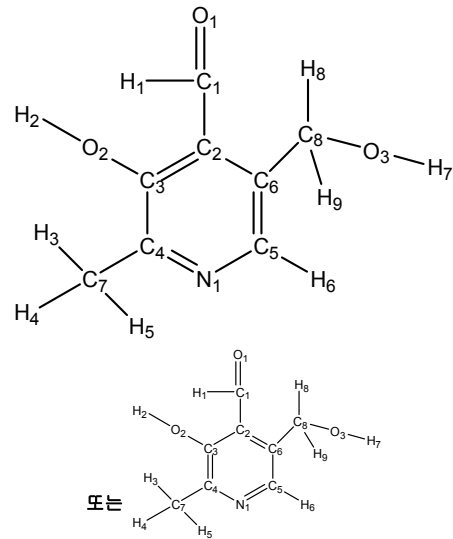
8. (6x14=84점) 다음 분자들의 Lewis 구조를 그리고 입체 구조 및 결합각을 예측하라. 그리고 중심원자의 혼성궤도함수를 적고 분자의 극성을 예측하라. (문제6과 같이 비공유전자쌍은 두개의 점으로 결합전자쌍은 실선으로 표시하라.) TeF₄에는 두 가지 종류의 결합각이 있다.

분자	Lewis 구조	입체구조	결합각	혼성궤도함수	극성
CH ₄		정사면체	H-C-H 109.5°	sp ³	무극성
NF ₃		삼각 피라미드 (또는 삼각뿔)	F-N-F <109.5°	sp ³	극성
BeH ₂	H—Be—H	선형	H-Be-H 180°	sp	무극성
SeF ₆		정팔면체	F-Se-F 90°	d ² sp ³	무극성
OF ₂		굽은형	F-O-F <109.5°	sp ³	극성
BH ₃		(평면 삼각형) 정삼각형	H-B-H 120°	sp ²	무극성
TeF ₄		시소	F-Te-F 90° ≈120°	dsp ³	극성
KrF ₂		선형	F-Kr-F 180°	dsp ³	무극성

9. (10+2x5+2x7+2x5+7=51점) 비타민 B₆ 는 결핍될 경우 결막염, 각막염 등 세균성 질환에 걸릴 우려가 있다. 다음은 비타민 B₆ 의 Lewis 구조이다. 그런데 그려진 Lewis 구조는 잘못 그려진 것이다. 올바른 Lewis 구조를 그리고 올바른 구조에 대하여 다음에 답하라.



(a) 올바른 Lewis 구조를 다음 그림위에 그려라. (비공유전자쌍대한 점은 생략하라. 즉, 화학결합에 대하여 실선을 추가하라) (힌트: 모든 원자의 형식전하는 0 이다.)



(b) 다음의 각도는 얼마인가 예상하라.

각	각도(°)
O ₁ -C ₁ -C ₂	~120
C ₂ -C ₆ -C ₅	~120
C ₈ -O ₃ -H ₇	~109
H ₃ -C ₇ -C ₄	~109
C ₄ -N ₁ -C ₅	~120

(c) 다음 각 원자에 형성된 혼성 오비탈은?

각	혼성오비탈
O ₁	sp ²
O ₂	sp ³
C ₁	sp ²
C ₂	sp ²
C ₃	sp ²
C ₆	sp ³
N ₁	sp ²

(d) 비타민 B₆에서 σ결합의 수와 π결합의 수는?

결합	수
σ결합	21
π결합	4

(e) 비타민 B₆는 비편재화된 (delocalized) π결합을 가지고 있는가? 있다면 어느 원자들이 여기에 관련되어 있는가? 관련된 원자를 모두 적어라.

있다, 없다	관련된 원자들
있다.	C2, C3, C4, N1, C5, C6

- 여러 가지 상수들 -

- $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
- $R \text{ (기체상수)} = 0.0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{mol}\cdot\text{K}) = 8.314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$
- $\text{Zn의 원자량} = 65.38 \text{ amu}$
- $\text{물의 비열} = 1 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) = 4.186 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$

화합물	$\Delta H_f^\circ \text{ (kJ/mol)}$
$\text{H}^+ \text{ (aq)}$	0
$\text{OH}^- \text{ (aq)}$	-230
$\text{H}_2\text{O} \text{ (l)}$	-286
$\text{H}_2\text{O} \text{ (g)}$	-242

- $h \text{ (Planck constant)} = 6.62608 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
- $c \text{ (광속)} = \nu\lambda = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$ (ν = 주파수, λ = 파장)
- $\text{Li의 일차이온화 에너지} = 5.60 \times 10^5 \text{ J/mol}$
- $\text{전자의 질량, } m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- $\text{아보가드로의 수 (Avogadro's number), } N_A = 6.022 \times 10^{23} / \text{mol}$
- $\text{de Broglie의 파장, } \lambda_{\text{de Broglie}} = h/mV$

문항	만점	점수
1	32	
2	40	
3	28	
4	40	
5	35	
6	49	
7	62	
8	84	
9	51	
합	421	