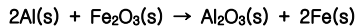


이름: _____ 학번: _____ 학과: _____

- 시험시간: 6:30 PM - 8:30 PM
- 휴대전화는 끌 것.
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음.
- 답은 각 문제에 주어진 네모 안에 적을 것. 네모의 크기와 답의 길이는 상관관계가 없음.
- 각 문항에서 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임. 빈 공간의 크기와 풀이의 길이는 상관관계가 없음.
- 실험에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음.
- 문제수: 13
- 만점: 222점
- Page 수: 7 (주기율표 포함)

1. (5+10+15+5=35점) Al(s)과 Fe₂O₃(s)은 반응하여 강한 불꽃을 낸다. 다음은 그 반응식이다.



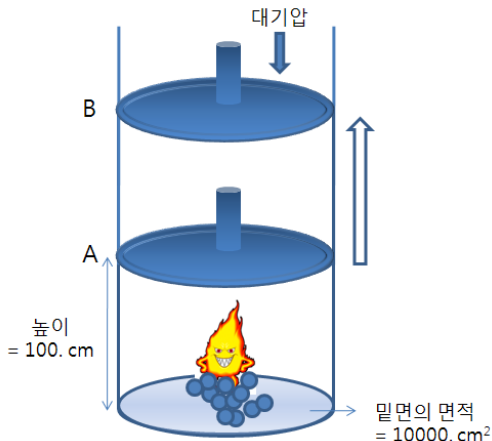
(a) 위 반응의 표준엔탈피(반응열)를 계산하시오.

$$\begin{aligned}\Delta H_r^\circ &= \Delta H_f^\circ\{\text{Al}_2\text{O}_3\text{(s)}\} + 2\Delta H_f^\circ\{\text{Fe(s)}\} - 2\Delta H_f^\circ\{\text{Al(s)}\} - \Delta H_f^\circ\{\text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)}\} \\ &= (-1676 \text{ kJ}) + 2 \times (0) - 2 \times (0) - (-826) \\ &= -850. \text{ kJ}\end{aligned}$$

$$\Delta H_r^\circ = -850. (= -8.50 \times 10^2) \text{ kJ}$$

다음의 (b), (c), (d) 문항은 (a)의 답을 정확히 알아야 풀 수 있음. 1번 문항 (a)의 답이 틀리면 본 문항은 무조건 0점. (a)의 답을 모를 경우 그 답을 5점을 주고 살 수 있음.

(b) 위아래로 자유롭게 움직일 수 있는 피스톤을 가진 원통형 용기 안에 질소(N₂(g))가 가득 차 있다. 용기에 Al(s) 30.2g 과 Fe₂O₃(s) 46.8g 을 넣고 반응을 시켰더니 반응 전에 A의 위치에 있던 피스톤이 반응이 끝난 후 B의 위치로 올라갔다. 반응 전의 온도는 25°C 였다.



(a) 반응에 의하여 발생되는 열의 양은 얼마인가?

$$\text{Al } 30.20 \text{ g} = \frac{30.20 \text{ g}}{26.9815 \text{ g/mol}} = 1.119 \text{ mol}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{의 분자량} = 2 \times 55.847 \text{ g/mol} + 3 \times 15.9994 \text{ g/mol} = 159.692 \text{ g/mol}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ } 46.8 \text{ g} = \frac{46.8 \text{ g}}{159.692 \text{ g/mol}} = 0.293 \text{ mol}$$

Al과 Fe₂O₃가 2:1로 반응하므로 Fe₂O₃가 한계시약 Al은 과잉시약이다.

즉,

Al 0.586 mol(= 2 x 0.293 mol)과 Fe₂O₃ 0.293 mol이 반응하고 Al 0.533 mol(= 1.119 mol - 0.586 mol) 이 남는다.

1 mol의 Fe₂O₃가 반응할 때 850. kJ의 열이 발생하므로 위 반응에 의하여 발생하는 열은

$$q = 850. \text{ kJ} \times 0.293 = 249 \text{ kJ}$$

249 kJ

(c) 반응 후의 피스톤이 B의 위치로 올라 갔을 때 B의 높이는 A의 높이 보다 몇 cm 더 높은 곳에 위치 하는가? (발생된 열은 오로지 반응에 관계된 물질과 N₂(g)의 온도 만을 올리고 용기와 피스톤은 열을 흡수하지 않는다고 가정한다. 피스톤의 무게는 무시한다. 반응물과 생성물인 고체들의 부피는 무시한다. N₂(g)는 이상기체로 생각한다.)

$$\begin{aligned}\text{Al}_2\text{O}_3 \text{의 분자량} &= 2 \times 26.9815 \text{ g/mol} + 3 \times 15.9994 \text{ g/mol} = 101.9612 \text{ g/mol} \\ \text{N}_2 \text{의 분자량} &= 2 \times 14.0067 \text{ g/mol} = 28.0134 \text{ g/mol}\end{aligned}$$

반응 후 용기에 남아 있는 물질의 질량은

$$\text{과잉시약 Al } 0.533 \text{ mol} = 0.533 \text{ mol} \times 26.9815 \text{ g/mol} = 14.4 \text{ g}$$

$$\text{한계시약 Fe}_2\text{O}_3 \text{ } 0 \text{ mol} = 0 \text{ g}$$

$$\text{발생한 Al}_2\text{O}_3 \text{ } 0.293 \text{ mol} = 0.293 \text{ mol} \times 101.9612 \text{ g/mol} = 29.9 \text{ g}$$

$$\text{발생한 Fe } 0.586 \text{ mol} = 0.586 \text{ mol} \times 55.847 \text{ g/mol} = 32.7 \text{ g}$$

용기 안의 N₂의 몰 수

$$\frac{PV}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 1000. \text{ L}}{(0.0821 \text{ L} \cdot \text{ atm/mol} \cdot \text{ K}) \cdot 298 \text{ K}} = 40.9 \text{ mol}$$

$$\text{용기 안의 N}_2 \text{의 질량} = 40.9 \text{ mol} \times 28.0134 \text{ g/mol} = 1150 \text{ g}$$

반응에 의하여 발생한 열에 의하여 반응 후 용기 안의 온도가 ΔT °C 만큼 올라갔다면

$$\begin{aligned}q &= S_{\text{Al}} \times m_{\text{Al}} \times \Delta T + S_{\text{Al}_2\text{O}_3} \times m_{\text{Al}_2\text{O}_3} \times \Delta T \\ &\quad + S_{\text{Fe}} \times m_{\text{Fe}} \times \Delta T + S_{\text{N}_2} \times m_{\text{N}_2} \times \Delta T \\ &= \Delta T \times (S_{\text{Al}} \times m_{\text{Al}} + S_{\text{Al}_2\text{O}_3} \times m_{\text{Al}_2\text{O}_3} + S_{\text{Fe}} \times m_{\text{Fe}} + S_{\text{N}_2} \times m_{\text{N}_2})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T &= q / (S_{\text{Al}} \times m_{\text{Al}} + S_{\text{Al}_2\text{O}_3} \times m_{\text{Al}_2\text{O}_3} + S_{\text{Fe}} \times m_{\text{Fe}} + S_{\text{N}_2} \times m_{\text{N}_2}) \\ &= 249 \times 10^3 \text{ J} / [(0.897 \times 14.4 + 0.880 \times 29.9 + 0.449 \times 32.7 + 1.04 \times 1150) \text{ J/}^\circ\text{C}] \\ &= 199 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

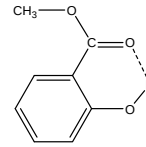
따라서 반응 후 용기 안의 온도는 224 °C (= 497 K) 가 되고 압력은 변화가 없으므로 N₂(g)의 부피는

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{40.9 \text{ mol} \cdot (0.0821 \text{ L} \cdot \text{ atm/mol} \cdot \text{ K}) \cdot 497 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 1670 \text{ L}$$

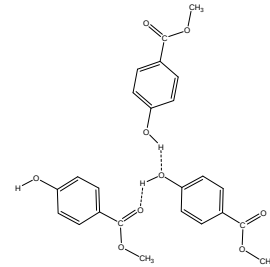
$$\text{B의 높이} = 1670 \times 1000 \text{ cm}^3 / (10000. \text{ cm}^2) = 167 \text{ cm}$$

따라서 B는 A보다 67 cm 더 높은 곳에 위치 한다.

methyl salicylate에서는 다음 그림과 같이 분자 안에서 수소 결합(점선)이 이루어져서 분자들 사이의 수소 결합이 어려워진다. 따라서 분자들 사이의 인력이 약해서 녹는점이 낮다.



그러나 methyl-4-hydroxybenzoate에서는 다음 그림과 같이 분자들 사이에 수소 결합(점선)이 이루어질 수 있다. 따라서 분자들 사이의 인력이 강해서 녹는점이 높다.



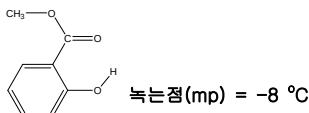
67 cm

(d) 반응 후 용기 안 내부에너지(ΔE)는 반응 전과 비교하였을 때 얼마 만큼 증가하는가?

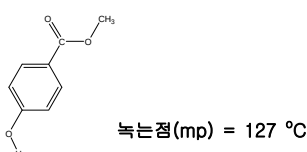
$$\begin{aligned}\Delta E &= q - P\Delta V \\ &= -249 \text{ kJ} - 1 \text{ atm} \times 670 \text{ L} \\ &= -249 \text{ kJ} - 1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 670 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ &= -249 \text{ kJ} - 67.9 \text{ kJ} \\ &= -317 \text{ kJ}\end{aligned}$$

-317 kJ

2. (10점) 노루발풀 기름, 즉 methyl salicylate는 다음과 같은 구조를 가지고 있다.



동일한 조성을 갖는 methyl-4-hydroxybenzoate의 구조는 다음과 같다.



이 두 물질이 매우 다른 녹는점을 갖는 이유를 설명하시오.(힌트: 수소결합)

3. (10+10=20점) (a) 어떤 이온화합물은 MCl_3 의 조성을 갖는다.(M은 금속) 이 화합물에서 염화이온(Cl^-)의 질량백분율은 65.570% 이다. 이 화합물은 무엇인가?

M의 질량 백분율 = $100 - 65.570 = 34.430\%$
 MCl_3 100 g 에 있는 M의 질량 = 34.430 g
 MCl_3 100 g 에 있는 Cl 하나의 질량 = $65.570/3 = 21.857 \text{ g}$
M과 Cl의 질량비 = $\text{M}:\text{Cl} = 34.430:21.857$
= M의 원자량:Cl의 원자량 = $m_M:35.453$
따라서 $m_M = 34.430 \times 35.453 / 21.857$
= 55.847 (amu)
주기율표에서 원자량이 55.847 인 것은 Fe
따라서 화합물은 FeCl_3

FeCl_3

(b) 물 $5.00 \times 10^2 \text{ g}$ 에 위의 화합물 0.250 mol을 녹인 수용액의 온도를 서서히 내리니 -3.16°C 에서 얼었다. 다시 수용액의 온도를 상온으로 올려 녹인 후 수용액의 삼투압을 측정하였다. 측정된 삼투압은 몇 기압일 얼마일 것인가? (물의 몰랄 어는점 내림 상수, $K_f = 1.86^\circ\text{C} \cdot \text{K/mol}$. 삼투압을 계산할 때 물 농도는 몰랄 농도와 같다고 가정하고 풀 것.)

$$\begin{aligned}\Delta T_f &= K_f \cdot i \cdot m \\ i &= \Delta T_f / (K_f \cdot m) = 3.16^\circ\text{C} / (1.86^\circ\text{C} \cdot \text{K/mol} \times 0.500 \text{ mol}) \\ &= 3.40\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\pi &= iMRT = 3.40 \times 0.500 \text{ mol/L} \times 0.0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{mol}\cdot\text{K}) \times 298 \text{ K} \\ &= 41.6 \text{ atm}\end{aligned}$$

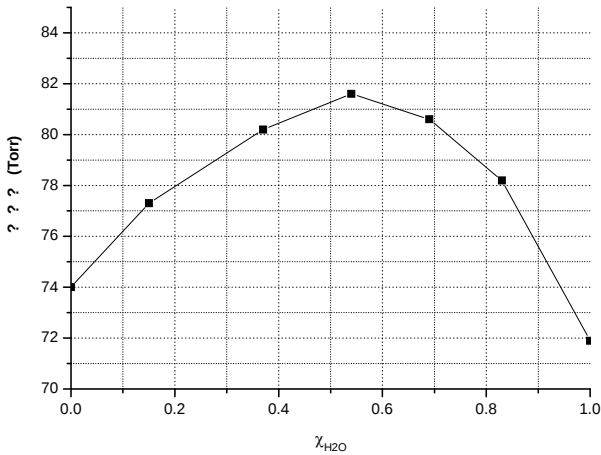
41.6 atm

4. (5+5+5+5+5=25점) 45°C에서 물(H₂O)-프로판올(CH₃CH₂CH₂OH) 혼합 용액의 증기압을 다음의 몇 가지 조성에 따라 측정하여 자료 A를 얻었다.

(자료A)

물의 몰분율(χ_{H_2O})	증기압(torr)
0	74.0
0.15	77.3
0.37	80.2
0.54	81.6
0.69	80.6
0.83	78.2
1.00	71.9

(a) 다음 그래프 위에 물의 몰분율에 따른 물-프로판올 혼합 용액의 증기압 변화를 나타내시오. (아래 그림에서 세로 축의 '???'은 그림을 복사-붙여넣기 하는 과정에서 발생한 오류임. 세로축은 '용액의 증기압(Torr)' 임.)

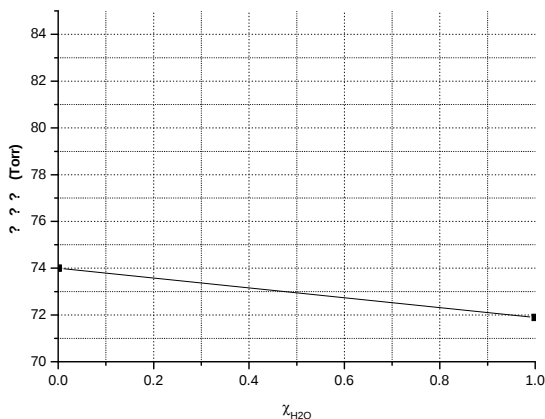


(b) 물-프로판올 혼합 용액은 이상 용액인 지 아닌 지를 선택하고 그 이유를 설명하시오.

이상 용액이 아니다.

이상 용액일 경우에는 Raoult의 법칙에 따라 용액에 증기압은 $P_{\text{용액}} = \chi_{\text{물}}P_{\text{물}}^{\circ} + \chi_{\text{프로판올}}P_{\text{프로판올}}^{\circ}$ 를 만족해야 한다. ($P_{\text{물}}^{\circ}$ = 순수한 물의 증기압, $P_{\text{프로판올}}^{\circ}$ = 순수한 프로판올의 증기압) 즉, 용액의 증기압은 $\chi_{\text{물}}$ 이 0일 때와 1일 때의 증기압을 연결하는 직선으로 표시되어야 한다. 그러나, 위의 그래프는 그렇지 않음을 보여주고 있다.

(c) 물-프로판올 혼합 용액이 이상 용액이라면 물의 몰분율에 따라 예상되는 혼합 용액의 증기압 변화를 다음의 그래프 위에 그리시오.



(d) 물-프로판올 혼합 용액의 ΔH_{soln} (용해열)의 부호가 어떻게 되는지 예측하고 그 이유를 물-프로판올사이의 인력, 순수한 물질 사이의 인력과 연관지

어 설명하시오.

ΔH_{soln} 의 부호: 양수(+)

설명: 순수한 물의 증기압은 71.9 Torr, 순수한 프로판올의 증기압은 74.0 Torr 이다. 또한 물-프로판올 혼합 용액의 증기압은 순수한 물, 순수한 프로판올의 증기압 보다 크다. 이는 '물-물 사이의 인력 > 프로판올-프로판올 사이의 인력 > 물-프로판올 사이의 인력'을 의미한다. 즉 물과 프로판올은 서로 섞이는 것 보다 순수한 상태로 있는 것이 에너지 상태가 낮다. 따라서 용해열(ΔH_{soln})은 양수이다.

(e) 자료A로부터 어떤 용액의 끓는점이 가장 낮은 지 예측하시오. 그리고 그 이유를 설명하시오.

순수한 물의 증기압은 71.9 Torr, 순수한 프로판올의 증기압은 74.0 Torr 이다. 또한 물-프로판올 혼합 용액의 증기압은 순수한 물, 순수한 프로판올의 증기압 보다 크다. 이는 '물-물 사이의 인력 > 프로판올-프로판올 사이의 인력 > 물-프로판올 사이의 인력'을 의미한다. 따라서, 분자 사이의 인력이 가장 작은 물-프로판올의 끓는점이 가장 낮다. 그 중에서 증기압이 가장 큰 $\chi_{\text{물}}$ 이 0.54 인 용액의 끓는점이 가장 낮다.

5. (10점) 아래의 그림 1은 물의 상평형도이다. 그림 2(가)는 25 °C에서 수은이 담겨있는 비커에 진공으로 만든 시험관을 거꾸로 넣었을 때 수은이 시험관을 따라 올라간 그림을 표현한 것이다. 이 시험관의 바로 아래에 물방울을 놓아두면 물은 시험관을 따라 그림 2(나)의 같이 시험관의 수은 위로 올라간다. 이 때 비커의 수은 표면과 시험관의 수은의 맨 위 사이의 거리(B)는 몇 mm 인가? (물의 질량은 무시한다. 아래의 그림들에서 온도 축, 압력 축, 수은의 높이 등은 비례적으로 표시되어 있지 않다.)

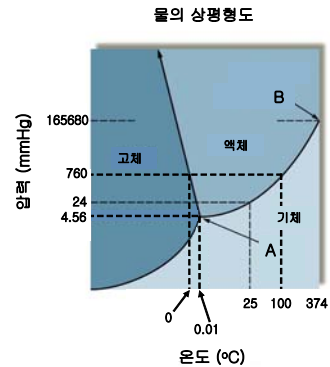


그림 1.

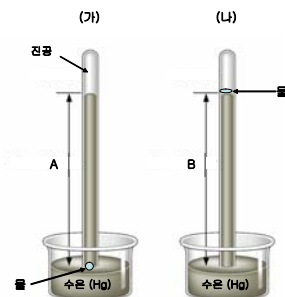


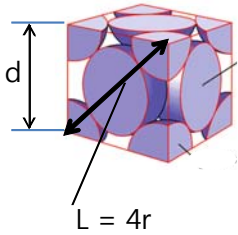
그림 2.

비커 윗 부분의 압력 + B mmHg = 대기압 = 760 mmHg
25°C에서 물의 증기압 + B mmHg = 760 mmHg
24 mmHg + B mmHg = 760 mmHg
따라서 B = 760 - 24 = 736

736 mm

6. (15점) 고체 칼슘은 입방조밀쌓음(면심입방격자)의 구조를 가지고 있다. 고체 칼슘에 대하여 X-선 회절 실험을 하였더니 입방단위세포의 한 모서리의 길이 a 에 해당하는 회절이 7.92° 의 각도에서 일어났다. 칼슘의 원자 반지름은 얼마인가? (사용한 X-선의 파장은 $154 \text{ pm}(10^{-12} \text{ m})$ 이었고 회절선은 1차 회절($n=1$)로부터 나타난 것이었다. Bragg의 방정식 이용)

입방단위세포의 한 모서리의 길이를 d , 한 면의 대각선의 길이를 L , 칼슘의 원자 반경을 r 이라고 하자. 아래의 입방조밀쌓음에서 $L = 4r$ 이다.



Bragg의 방정식으로부터

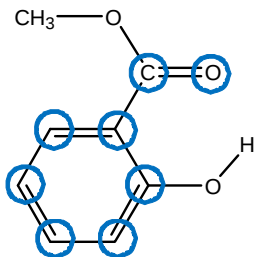
$$\begin{aligned} n\lambda &= 2d\sin\theta \\ d &= \lambda / 2\sin\theta \quad (n=1) \\ &= 154 \text{ pm} / (2\sin(7.92^\circ)) \\ &= 559 \text{ pm} \end{aligned}$$

위의 그림에서

$$\begin{aligned} 2d^2 &= L^2 = (4r)^2 \\ \text{따라서} \\ r &= \sqrt{2/16} d = \sqrt{2/16} \times 559 \text{ pm} \\ &= 198 \text{ pm} \\ &= 198 \times 10^{-12} \text{ m} \\ &= 1.98 \times 10^{-10} \text{ m} \\ &= 1.98 \times 10^{-7} \times 10^{-3} \text{ mm} \\ &= 1.98 \times 10^{-7} \text{ mm} \\ &= 198 \times 10^{-9} \text{ mm} \end{aligned}$$

$1.98 \times 10^{-7} \text{ mm}$

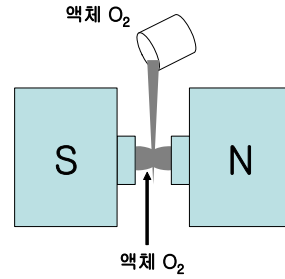
7. (5+5=10점) (a) 다음의 methyl salicylate 구조 그림 위에 sp^2 혼성오비탈을 가지고 있는 원자들의 위치에 모두 동그라미로 표시하시오.



(b) methyl salicylate 에는 모두 몇 개의 고립 전자쌍(lone pair)이 존재하는가?

6 개 (각 산소에 두 개씩)

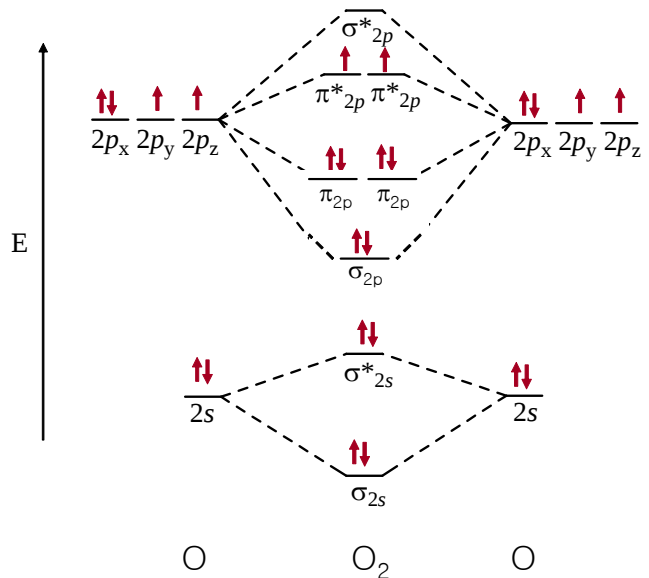
8. (5+15+5+10=35점) 다음 그림과 같이 액체 산소(O_2)를 자기장 사이로 부어주면 액체 산소가 자기장 사이에 잡히는 현상을 관찰할 수 있다.



(a) 위와 같은 현상을 일으키는 산소(O_2)의 특성을 설명할 수 있는 이론은 다음 중 어느 것인가? ①

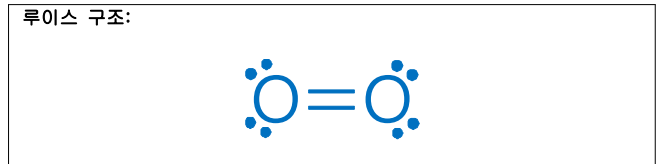
- ① 분자궤도함수 이론(Molecular Orbital Theory)
- ② 원자가껍질전자쌍반발 이론(Valence Shell Electron Pair Repulsion)
- ③ 원자가결합 이론(Valence Bond Theory)
- ④ 루이스 구조(Lewis Structure)

(b) O_2 분자의 분자궤도함수의 에너지 준위도를 O 원자의 원자궤도함수(atomic orbital)의 준위로부터 시작하여 아래에 그리고 (분자궤도함수의 이름을 정확히 쓸 것. 그리고 MO에 전자배치를 화살표를 사용하여 표시할 것.) 분자궤도함수 이론이 위 산소(O_2)의 특성을 설명할 수 있는 지 없는 지 그 이유를 쓰시오.



O_2 의 전자배치는 $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\sigma_{2p})^2(\pi_{2p})^4(\pi_{2p}^*)^2$ 이다. π_{2p}^* 오비탈에 있는 두 개의 전자는 축퇴되어 있는 두 π_{2p}^* 오비탈에 각각 한 개씩 평행하게 들어간다. 따라서, O_2 는 상자성성의 성질을 가진다. 그러므로 액체 산소가 자기장 사이에 잡힌다.

(c) O_2 분자의 루이스 구조를 그리고 루이스 구조가 위 산소(O_2)의 특성을 설명할 수 있는 지 없는 지 그 이유를 쓰시오.



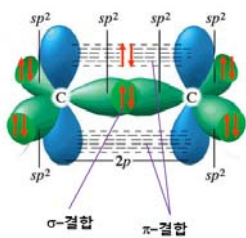
이유: 루이스 구조에 의하면 산소분자 최외각에 있는 전자는 결합전자쌍 2개, 고립전자쌍 4개에 모두 쌍으로 있다. 따라서 루이스 구조에 의하면 산소 분자는 자석의 성질이 없다(반자기성).

(d) 원자가결합 이론으로 위 산소(O_2)의 특성을 설명할 수 있는 지 없는 지 그 이유를 쓰시오.

산소 분자(O_2)에 있는 각각의 산소 원자에는 sp^2 혼성오비탈이 세 개 생긴다. 이 중 두 개의 sp^2 오비탈에는 각각 한 쌍의 전자가 들어가고, 하나의 sp^2 오비탈에는 한 개의 전자가 들어간다. 또 남아 있는 p 오비탈에 하나의 전자가 들어간다.

양 산소 원자에서 하나의 전자가 들어있는 sp^2 오비탈들끼리 중첩되어 σ -결합을 이루고 하나의 전자가 들어있는 p 오비탈들끼리 중첩되어 π -결합을 이룬다.

따라서, 산소 분자에는 네 개의 sp^2 오비탈에 각각 전자 한 쌍씩이 있어 고립전자쌍들을 이루고, σ -결합에 전자 한 쌍, π -결합에 전자 한 쌍이 있게 되어 모든 전자가 쌍으로 있다. 따라서 원자가결합 이론에 의하면 산소 분자는 자석의 성질이 없다(반자기성).



9. (4+8=12점) 다음 중에서 양자수의 세트가 허용되지 않는 것을 모두 고르시오. 틀린 세트에 대하여 그 이유를 기술하여라.

	n	l	m_l	m_s
(1)	3	3	0	-1/2
(2)	4	3	2	-1/2
(3)	4	1	1	+1/2
(4)	2	1	-1	-1
(5)	5	-4	2	+1/2
(6)	3	1	2	-1/2

틀린 세트: (1), (4), (5), (6)

이유:

- (1) $n = 3$ 일 경우에 가능한 l 값은 0, 1, 2 이다.
- (4) m_s 값은 +1/2, -1/2 만이 가능하다.
- (5) $n = 5$ 일 경우에 가능한 l 값은 0, 1, 2, 3, 4 이다.
- (6) $l = 1$ 일 경우에 가능한 m_l 값은 -1, 0, 1 이다.

10. (7점) 1925년에 파울리의 배타원리(Pauli's exclusion principle)가 발표된 후에 울렌벡(Ulenbeck)은 친구인 고드스미트(Goudsmit)에게 다음과 같이 말한다. “이것이 의미하는 것은 전자에 네 번째 자유도가 있다는 것이다. 그 네 번째가 전자스핀이다.” 이는 지금으로 이야기 하면 “전자의 상태를 기술하는 양자수에는 주 양자수(n), 각운동량 양자수(l), 자기 양자수(m_l)의 세 개 뿐 만 아니라 전자스핀 양자수(m_s)가 있다. 그리고 전자의 상태는 이 네 가지 양자수에 의하여 정의되어 질 수 있다.”라고 할 수 있다. 전자스핀 양자수에는 $m_s = 1/2$ 과 $-1/2$ 의 두 가지 종류가 있다. 만일 전자스핀 양자수가

$m_s = 1, 0, -1$ 의 세 가지 종류가 있고 다른 양자수의 성질은 바뀌지 않는다면, 아마도 지금의 주기율표는 그 모양이 바뀔 것이다. 바뀐 주기율표에서 세 번째 불활성 기체(Noble gas, 영족 기체)는 어느 것이겠는가?(원소기호와 원자번호는 바뀌지 않는다고 가정한다.)

Co (원자번호 27)

(해설: 전자스핀 양자수가 세 가지 종류가 있으면 각 오비탈에는 전자가 세 개까지 들어갈 수 있다. 불활성 기체는 각 주기의 오비탈이 꽉 찬 전자 배치를 한 것들 이므로 첫 번째 불활성 기체는 $1s^3$, 두 번째 불활성 기체는 $1s^3 2s^3 2p^9$, 세 번째 불활성 기체는 $1s^3 2s^3 2p^9 3s^3 3p^9$ 의 전자 배치를 할 것이다. 따라서 첫 번째 불활성 기체는 원자번호 3(Li), 두 번째 불활성 기체는 원자번호 15(P), 세 번째 불활성 기체는 원자번호 27(Co)인 원소가 될 것이다.)

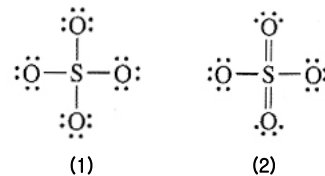
11. (10+8=18점) (a) 다음 원자들의 전자배치를 화살표를 사용하여 표시하시오.

원자, 또는 이온	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s
N	↑↓	↑↓	↑ ↑ ↑				
Li	↑↓	↑					
Si	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑		
Sc	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑↓
Cu^{2+}	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑
Zn	↑↓	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓

(b) 위 (a)의 표에서 굵은 선으로 표시한 오비탈에는 두개의 전자가 들어간다. 그 오비탈의 m_l 값을 1 이라고 하자. 두 개 전자의 상태를 나타내는 다른 양자 수들은? 또 3p 오비탈의 방사방향 마디와 각방향 마디의 수를 쓰시오.

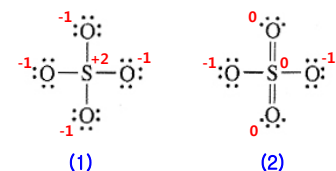
n	l	m_l	m_s	방사방향 마디(radial node)의 수	각방향 마디(angular node)의 수
3	1	1	+1/2	1	1
3	1	1	-1/2		

12. (10점) 다음은 SO_4^{2-} 의 두 가지 가능한 루이스 구조이다. 어느 것이 더 안정한가? 그 이유를 설명하여라.



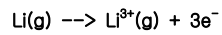
안정한 것: (2)

이유: 두 화합물의 형식전하는 다음과 같다.

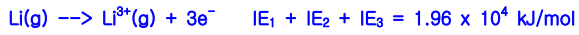


둘 중에서 형식전하의 절대값이 작게 분포한 (2)가 더 안정하다.

13. (15점) 다음의 반응에는 1.96×10^4 kJ/mol의 에너지가 필요하다.



Li의 일차이온화에너지가 520 kJ/mol 이라면 Li의 이차이온화에너지는 얼마인가 ($\text{Li}^{+}(\text{g}) \rightarrow \text{Li}^{2+}(\text{g}) + \text{e}^{-}$) ?



$\text{Li}^{2+}(\text{g}) \rightarrow \text{Li}^{3+}(\text{g}) + \text{e}^{-}$ 과정은 Li^{2+} 의 1s에 있는 전자를 Li^{2+} 의 영향권에서 벗어나게 하는 과정이다.

$$\text{Li}^{2+} \text{의 } 1\text{s의 에너지 준위} = -Z^2 R_H / n^2$$

$Z = \text{핵전하} = 3$, 1s에 대해서 $n = 1$, $R_H = \text{Rydberg 상수} = 2.18 \times 10^{-18} \text{ J}$
이므로

$$\text{Li}^{2+} \text{의 } 1\text{s의 에너지 준위} = -9R_H = -1.96 \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$IE_3 = 1.96 \times 10^{-17} \text{ J} \times 6.022 \times 10^{23} / \text{mol} = 1.18 \times 10^4 \text{ kJ/mol}$$

따라서

$$\begin{aligned} IE_2 &= 1.96 \times 10^4 \text{ kJ/mol} - IE_1 - IE_3 \\ &= 1.96 \times 10^4 \text{ kJ/mol} - 520 \text{ kJ/mol} - 1.18 \times 10^4 \text{ kJ/mol} \\ &= 7280 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

7280 kJ/mol

- | Compound | ΔH_f° (kJ/mol) |
|------------------------------|-----------------------------|
| $\text{NH}_3(g)$ | -46 |
| $\text{NO}_2(g)$ | 34 |
| $\text{H}_2\text{O}(l)$ | -286 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3(s)$ | -1676 |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$ | -826 |
| $\text{CO}_2(g)$ | -394 |
| $\text{CH}_3\text{OH}(l)$ | -239 |
| $\text{C}_8\text{H}_{18}(l)$ | -269 |

물질	비열(J/g·°C)	물질	비열(J/g·°C)
Al(s)	0.897	Al ₂ O ₃ (s)	0.880
Fe(s)	0.449	N ₂ (g)	1.04

INERT GASES

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII					IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	INERT GASES		
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)										

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

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

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