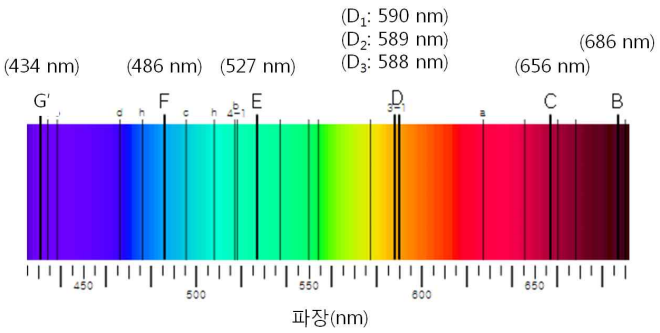
2013학년도 1학기 화학1 중간고사 (2013년 6월 7일)

이름:_____ 학번:_____
학과:_____

- 시험시간: 7:00 PM – 9:30 PM
- 휴대전화는 끌 것
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음
- 답은 반드시 각 문제에 주어진 네모 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.
- 실험에 필요한 상수나 데이터는 별지에 있음
- 문항수: 13
- 쪽수: 6 (문제 5 + 상수표 1)
- 만점: 408 점

1. (6 + 3 + 10 + 6 + 10 = 35점) 태양으로부터 오는 빛을 스펙트럼으로 분석하면 몇 가지 특정 파장의 빛이 보이지 않거나 또는 그 세기가 감소되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 이는 태양의 대기에 존재하는 기체들 때문에 발생하는 것으로, 태양 표면에서 생긴 빛이 태양의 대기를 통과할 때, 일부가 이들 기체에 흡수되기 때문에 나타나는 현상이다. 다음 그림은 태양 빛을 분석한 스펙트럼에서 가시광선 영역을 그린 것으로, 검은 실선은 빛이 관측되지 않거나 그 세기가 원래보다 감소되어 관측되는 파장의 위치를 나타낸 것이다.(검은 실선의 파장을 가진 빛들을 프라운호퍼 선(Fraunhofer lines)이라고 하며, 프라운호퍼 선은 이후 우주의 팽창과 근원에 대한 궁금증을 해결하는 데 중요한 역할을 한다.)



(a) 수소의 선 스펙트럼 중에서 Balmer 계열의 선들은 들뜬상태의 수소 원자에서 주양자수가 [2] 번 보다 큰 원자궤도함수에 있는 전자가 주양자수 [2] 번인 원자궤도함수로 떨어질 때 방출하는 빛이다.

(b) 위 스펙트럼에서 프라운호퍼 G' 선(434 nm)은 태양 빛이 태양의 대기를 통과할 때 대기 중에 있는 수소 원자가 434 nm의 빛을 [(흡수, 방출) ?] (맞는 것에 동그라미) 하기 때문에 생기는 선이다.

(c) 수소의 선 스펙트럼에 있는 빛 중 434 nm의 빛은 들뜬상태 수소 원자에서 주양자수가 5번인 원자궤도함수에 있는 전자가 주양자수 2번인 원자궤도함수로 떨어질 때 방출하는 빛이다. $\frac{hc}{R_H}$ 값을 구하여라.(h, c, R_H는 각각 Planck 상수, 광속, Rydberg 상수이다.) 답의 단위도 정확히 쓸 것.

$$\Delta E = R_H\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right) = h\nu = \frac{hc}{\lambda_{G'}}$$

$$\frac{hc}{R_H} = \lambda_{G'}\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right) = 434\,nm\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{25}\right) = 91.1\,nm$$

$\frac{hc}{R_H}$ = 91. 1 nm

(d) 위 스펙트럼에서 프라운호퍼 B, C, D_1, D_2, D_3, E, F 선 중 태양의 대기에 있는 수소 때문에 발생하는 선은 어느 것이며, 각각은 수소 원자에서 전자가 주양자수 몇(n_1) 번인 원자궤도함수에서 몇(n_2) 번인 원자궤도함수로 전이하기 때문에 발생하는지 아래 표를 완성하여라.(해당하는 프라운호퍼 선의 개수는 4개 이하이다. 답의 줄 수를 초과하는 경우에는 초과하는 줄 수 만큼 감점있음)((e)를 먼저 풀어야 답 할 수 있음)

프라운호퍼 선	주양자수	
	n_1	n_2
F	2	4
C	2	3

(e) (d)의 답에 있는 각 프라운호퍼 선에 대하여 파장을 구하여라.

위 스펙트럼은 가시광선 영역이므로 수소의 선 스펙트럼에서 해당하는 계열은 모두 Balmer 계열이다.(n_1 = 2) G' 선은 전자가 n_1=2 에서 n_2=5로 전이하여 빛을 흡수하기 때문에 발생하는 것이다. 스펙트럼에서 G' 선은 파장이 434 nm이고 다른 선들은 모두 파장이 더 길기 때문에 (즉 빛의 에너지가 더 적기 때문에) n_2는 $2 < n_2 < 5$를 만족하는 자연수에 해당하는 흡수선이다.

따라서

n_2 = 4 일 때 (프라운호퍼 F 선)

$$\frac{hc}{R_H} = \lambda\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right) \text{에서}$$

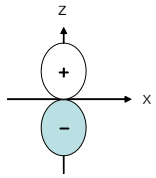
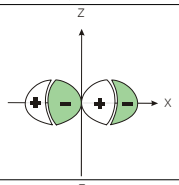
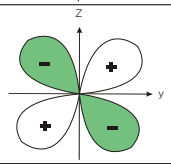
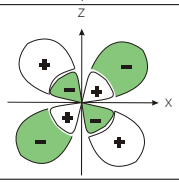
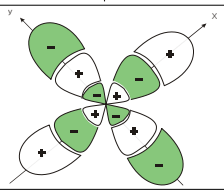
$$\lambda = \frac{\frac{hc}{R_H}}{\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}} = \frac{\frac{hc}{R_H}}{\frac{1}{4}-\frac{1}{n_2^2}} = \frac{91.1\,nm}{\frac{1}{4}-\frac{1}{16}} = 486\,nm$$

n_2 = 3 일 때 (프라운호퍼 C 선)

$$\lambda = \frac{\frac{hc}{R_H}}{\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}} = \frac{\frac{hc}{R_H}}{\frac{1}{4}-\frac{1}{n_2^2}} = \frac{91.1\,nm}{\frac{1}{4}-\frac{1}{9}} = 656\,nm$$

2. (3 x 9 = 27점) 주기율표에서 원자가전자의 전자배치가 ns^2(n=주양자수)인 원자는 [Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra] 로서 이들 원자를 [알칼리토] 금속이라고 한다. 이 중 이온화에너지가 가장 큰 것은 [Be] 이고 가장 작은 것은 [Ra] 이다. 일반적으로 이온화에너지(I)는 $I_1 < I_2 < I_3 \cdots$ 의 경향을 보이는데 이 금속들에서는 공통적으로 제 [3] 차 이온화에너지가 제 [2] 차 이온화에너지에 비해 훨씬 더 큰 값을 갖는다. 위 금속 중 원자 반경이 두 번째로 작은 금속은 [Mg] 인데, 이 금속에서 원자가전자의 가려막기 상수는 [9.15] 이므로, 원자가전자가 느끼는 유효핵전하(Z_{eff})는 [2.85] 가 된다.

3. (2 x 20 = 40점) 다음은 원자궤도함수(오비탈)의 모양이다. $2p_z$ 오비탈의 예를 참고로 빈칸에 맞는 답을 써라.

오비탈	그림	n 값	l 값	방사 방향 마디(radial node)의 개수	각 방향 마디의 방정식
$2p_z$		2	1	0	z = 0
$3p_x$		3	1	1	x = 0
$3d_{yz}$		3	2	0	yz = 0
$4d_{xz}$		4	2	1	xz = 0
$5d_{x^2-y^2}$		5	2	2	$x^2-y^2 = 0$

4. (5 x 2 =10점) 3의 오비탈 5개에 대하여 다음 질문에 답하라.

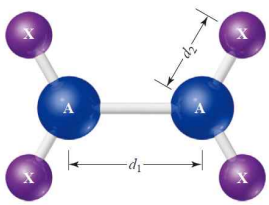
(a) 수소꼴 원자에서 오비탈의 에너지 준위를 낮은 것에서 높은 것의 순서로 적어라. 만일 에너지 준위가 같은 것이 있다면 괄호로 묶어서 표시하여라.

$2p_z$, ($3p_x$, $3d_{yz}$), $4d_{xz}$, $5d_{x2-y2}$

(a) 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위를 낮은 것에서 높은 것의 순서로 적어라. 만일 에너지 준위가 같은 것이 있다면 괄호로 묶어서 표시하여라.

$2p_z$, $3p_x$, $3d_{yz}$, $4d_{xz}$, $5d_{x2-y2}$

5. (5 x 2 = 10 점) 다음 그림과 같은 A_2X_4 분자가 있다. A-A 결합길이는 d_1이고, 네 개의 A-X 결합길이는 d_2이다.



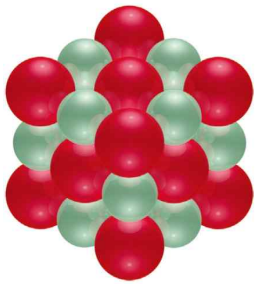
(a) 원자 A와 X의 원자반지름을 d_1과 d_2를 이용하여 나타내어라.

r(A) = 1/2 d_1 , r(X) = d_2 − 1/2 d_1

(b) X_2 분자에서의 X-X 결합길이를 d_1과 d_2를 이용하여 나타내어라.

d(X-X) = $2d_2 - d_1$

6. (5 + 5 + 10 + 5 + 10 + 10 = 45점) 이온결합 화합물인 산화 스트론튬(strontium oxide, SrO)은 스트론튬 금속과 산소 분자의 반응으로부터 형성된다. 고체 SrO에서의 이온 배열은 고체 NaCl의 이온 배열과 유사하다.



(a) SrO(s)가 형성되는 균형맞춘 화학반응식을 써라.(물질의 상태도 정확히 나타낼 것)

$2\ Sr(s) + O_2(g) \rightarrow 2SrO(s)$

(b) SrO(s)의 결정구조는 14개의 Bravais 격자 중 어떠한 결정격자에 속하는가?

면심입방 격자

(c) SrO(s)의 결정구조에서 단위세포의 부피는 몇 cm^3 인가?

(1 nm = 10^{-9} m)

단위세포는 정육면체
한 모서리의 길이 = $2r(O^{2-}) + 2r(Sr^{2+}) = 2(1.26 + 1.32)$ Å = 5.16 Å
부피 = $(5.16\ Å)^3 = 137\ Å^3 = 137 \times (10^{-8}\ cm)^3 = 1.37 \times 10^{-22}\ cm^3$

V = 1.37×10^{-22} cm^3

(d) SrO(s)의 결정구조에서 단위세포 안에는 SrO 단위가 몇 개 있는가?

4 개

(e) SrO 단위의 질량은 몇 g 인가?(즉 Sr 하나와 O 하나의 질량의 합)

Sr의 몰 질량 = 87.62 g/mol
O의 몰 질량 = 15.9994 g/mol
SrO의 몰 질량 = 103.62 g/mol
SrO 단위의 질량 = (103.62 g/mol) / (6.0221×10^{23} /mol)
= 1.7207×10^{-22} g

1.7207×10^{-22} g

(f) 이온결합 화합물 SrO(s)의 밀도는 몇 g/cm^3 인가?

단위세포의 부피 = V = 1.37×10^{-22} cm^3
단위세포 안에 있는 SrO의 개수 = 4
단위세포 안에 있는 SrO의 질량 = M = $4 \times 1.7207 \times 10^{-22}$ g
= 6.8828×10^{-22} g
SrO(s)의 밀도 = M/V = 6.8828×10^{-22} g / 1.37×10^{-22} cm^3
= 5.02 g/ cm^3

5.02 g/ cm^3

7. (5 + 20 = 25 점) 이상기체식은 PV = nRT로 주어진다.(P=압력, V=부피, n = 몰 수, R = 기체상수, T = 온도)

(a) 이상기체란 무엇인가?

이상기체식을 만족하는 기체

(b) Boyle의 법칙, Charles의 법칙, Avogadro의 법칙을 각각 식으로 표현하고 이로부터 이상기체식을 유도하라.

Boyle의 법칙: V = a/P

(비례상수= a, 조건: 일정한 몰수, 일정한 온도에서)

Charles의 법칙: V = bT

(비례상수= b, 조건: 일정한 몰수, 일정한 압력에서)

Avogadro의 법칙: V = cn

(비례상수= c, 조건: 일정한 온도, 일정한 압력에서)

이상기체식 유도:

$V \propto \frac{nT}{P}$

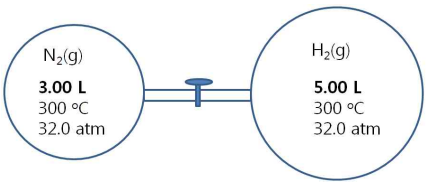
$V = R\frac{nT}{P}$

PV = nRT

8. (5 + 10 + 10 + 10 + 10 = 45점) 암모니아를 생성하는 하버-보쉬(Haber-Bosch) 공정의 반응식은 다음과 같다.

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

암모니아를 만들 준비를 하기 위해 3.00 L 용기에 $N_2(g)$를, 5.00 L 용기에는 $H_2(g)$를 넣고, 아래 그림과 같이 가느다란 관으로 연결하고 마개로 막았다.



(a) 마개를 열자마자 두 기체가 골고루 섞인다고 하자. 이때 두 혼합 기체에서 전체 압력은 얼마인가?(답만 적을 것)

32.0 atm

(b) (a)의 혼합 기체에서 $N_2(g)$의 부분 압력, $H_2(g)$의 부분 압력은 각각 얼마인가?

온도와 압력이 같으므로 기체의 몰 수는 부피에 비례
따라서
$N_2(g)$의 몰 수 = 3m,
$H_2(g)$의 몰 수 = 5m (m은 임의의 양수) 이라 둘 수 있다.

전체 몰 수 = 8m

혼합기체에서 $N_2(g)$의 몰분율 = 3/8, $H_2(g)$의 몰분율 = 5/8

전체 압력 = 32.0 atm 이므로
$N_2(g)$의 부분압력 = 3/8 x 32.0 atm = 12.0 atm
$H_2(g)$의 부분압력 = 5/8 x 32.0 atm = 20.0 atm

$N_2(g)$의 부분압력 = 12.0 atm

$H_2(g)$의 부분압력 = 20.0 atm

(c) 마개를 열어 위 반응이 진행되도록 하였다. 어느 정도 시간이 흐른 후 반응이 완결되었다고 하자. 위의 용기에는 어떤 기체가 있겠는가? 그리고 혼합기체에서 각 기체의 몰분율은 얼마인지 구하여라.(기체의 종류는 세 가지 이하)

기체	기체 분자식	몰분율
A	N_2	2/7 (=0.286)
B	NH_3	5/7 (=0.714)
C		

(위 답의 근거를 적어라)

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

반응전 몰 수	3m	5m	0
반응한 몰 수	5/3 m	5m	
생성된 몰 수			10/3 m
최종 몰수	4/3 m	0	10/3 m

따라서 혼합기체에는 $N_2(g)$와 $NH_3(g)$가 남아있다.

$N_2(g)$의 몰분율 = 4/14 = 2/7 = 0.286
$NH_3(g)$의 몰분율 = 10/14 = 5/7 = 0.714

(d) 반응이 완결된 후 용기 속 혼합기체의 전체압력을 구하여라.(반응 전후 용기의 부피, 온도는 변하지 않는다.)

반응 전
기체 전체 몰 수 = 8m
용기 부피 = 8.00 L
온도 = 300°C
압력(P_1) = 32.0 atm

반응 후
기체 전체 몰 수 = 4/3 m + 10/3 m = 14/3 m
용기 부피 = 8.00 L
온도 = 300°C
압력 = P_2

용기의 부피와 온도가 변하지 않았으므로, PV = nRT 에서 기체의 압력은 기체의 몰수에 비례

$P_1 : P_2 = 32.0 \text{ atm} : P_2 = 8m : 14/3\ m$

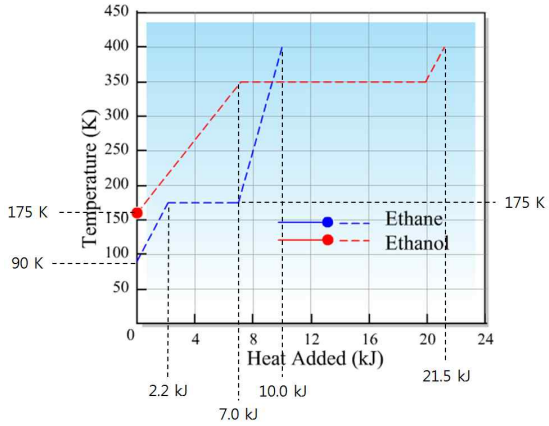
$P_2 = \frac{32 \times \frac{14}{3}}{8}$ atm = 56/3 atm(=18.7 atm)

전체압력 = 18.7 atm

(e) 반응이 완결된 후 용기 속 혼합기체에 있는 각 기체의 부분압력을 구하라.

기체 (c와 동일)	몰분율 (c의 답)	전체압력 (d의 답)	부분압력
A	0.286	18.7 atm	5.35 atm
B	0.714		13.3 atm
C			

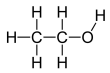
9. (10 + 10 + 10 = 30점) 다음 그림은 1 기압 상태에서 온도 175K인 에탄올(C_2H_5OH)과 온도 90K인 에테인(C_2H_6)에 열을 가하였을 때 온도의 변화를 나타낸 가열곡선이다. 그림에서 가로축은 가한 열의 양, 세로축은 온도를 나타낸다. 에테인과 에탄올은 각각 0.333 mol 있다.



(a) 에테인과 에탄올의 끓는점은? 둘 사이에 끓는점의 차이가 나는 이유를 분자의 구조와 관련지어 설명하여라.

물질	에테인	에탄올
끓는점	175 K	350 K

(설명)

에테인: 에탄올: 

에테인은 무극성 분자이고 에탄올은 극성분자이다. 또한 에탄올은 O-H 기를 가지고 있어서 자기들 사이에 수소결합이 가능하다. 따라서 분자들 사이에 서로 끌어당기는 힘이 에탄올에서 더 강하고, 결과적으로 에탄올의 끓는점이 더 높다.

(b) 에테인의 증발열은 얼마인가?

0.333 mol에 대한 증발열 = 7.0 kJ − 2.2 kJ = 4.8 kJ
ΔH_{vap} = 4.8 kJ / 0.333 mol = 14 kJ/mol (14.4)

증발열(ΔH_{vap}) = 14 kJ/mol

(c) 에테인 액체의 비열과 기체의 비열을 각각 구하여라.

에테인의 몰질량 = 30.07 g
에테인 0.333 mol의 질량(m) = 10.01 g
90K 액체 10.01g을 175K로 올리는데 필요한 열량(q) = 2.2 kJ
ΔT = 175K−90K = 85K
q = ΔT x C x m
C = q/(ΔT x m) = 2.2 kJ / (85K x 10.01 g) = 2.6 J/g·K

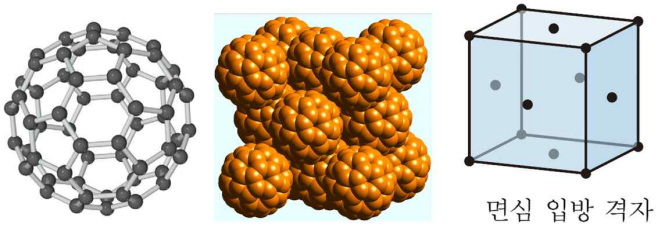
175K 기체 10.01g을 400K로 올리는데 필요한 열량(q) = 3.0 kJ
ΔT = 400K−175K = 225K
q = ΔT x C x m
C = q/(ΔT x m) = 3.0 kJ / (225K x 10.01 g) = 1.3 J/g·K

상태	액체	기체
비열	2.6 J/g·K	1.3 J/g·K

10. (2 x 11 = 22점) 다음 빈칸에 적당한 답을 써라.

중성 분자 사이에는 [분산력] [쌍극자-쌍극자] [수소 결합] 등 세 가지 형태의 분자간 힘이 존재한다. 이 중 [분산력] 은 모든 분자들 사이에 작용한다. 일반적으로 분자량이 증가함에 따라 분자의 편극성이 증가하고, 이 결과 [분산력] 이 증가한다. 따라서 CH_4, SiH_4, GeH_4, SnH_4 에서 끓는점이 가장 높은 것은 [SnH_4] 이다. 마찬가지로 H_2O, H_2S, H_2Se, H_2Te에서 편극성이 가장 큰 것은 [H_2Te] 이다. H_2O, H_2S, H_2Se, H_2Te에서 끓는점이 가장 높은 것은 [H_2O] 인데, 그 이유는 [H_2O] 분자 사이에 작용하는 [수소 결합] 때문이다. [이온-쌍극자] 힘은 극성 용매에 이온 결합 화합물이 용해될 때 중요하게 작용한다.

11. (10 + 10 = 20점) 다음은 벅민스터풀러렌(C_{60})의 구조와 고체에서 벅민스터풀러렌의 배열 모양이다. 고체 벅민스터풀러렌에 대한 X-선 회절 연구에 의하면 벅민스터풀러렌은 면심입방격자의 결정 구조를 갖고 단위세포 한 모서리의 길이는 14.2 Å 이다.



(a) 벅민스터풀러렌(C_{60}) 하나의 반지름을 얼마로 추정할 수 있는가?

한 면의 대각선의 길이(L) = C_{60}의 반지름(r) x 4
$L^2 = 2(14.2\ Å)^2$
L = 20.1 Å
r = 5.02 Å

C_{60}의 반지름 = 5.02 Å

(b) 고체 벅민스터풀러렌(C_{60})의 밀도를 구하여라.

C_{60}의 몰질량 = 12.00112 g/mol x 60 = 720.672 g/mol
C_{60} 하나의 질량 = 720.672 g/mol /(6.0221 x 1023/mol)
= 1.19671×10^{-21} g

단위세포의 부피 = $(14.2\ Å)^3 = (14.2 \times 10^{-8}\ cm)^3$
= $2.86 \times 10^{-21}\ cm^3$

단위세포 안에 있는 C_{60}의 개수 = 모서리 8개 + 면 6개
= 8 x (1/8) + 6 x (1/2) = 4개

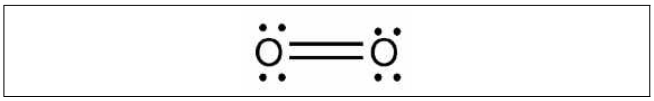
단위세포 안에 있는 C_{60}의 질량 = 1.19671×10^{-21} g x 4
= 4.78684×10^{-21} g

고체 C_{60}의 밀도 = 4.78684×10^{-21} g / $2.86 \times 10^{-21}\ cm^3$
= $1.67\ g/cm^3$

고체 C_{60}의 밀도 = 1.67 g/cm³

12. (5 + 12 + 10 + 10 + 18 + 6 + 10 + 5 = 76점) 산소분자(O_2)에 대하여 다음에 답하라.

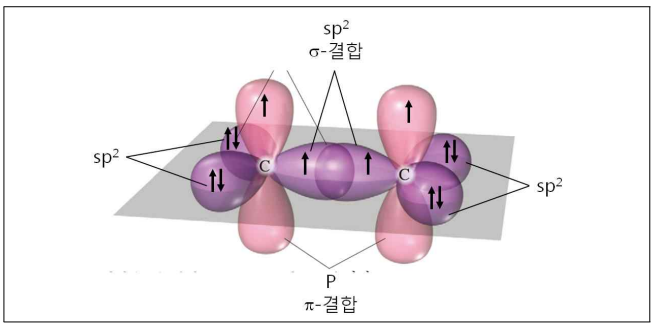
(a) 루이스(Lewis) 구조를 그려라.



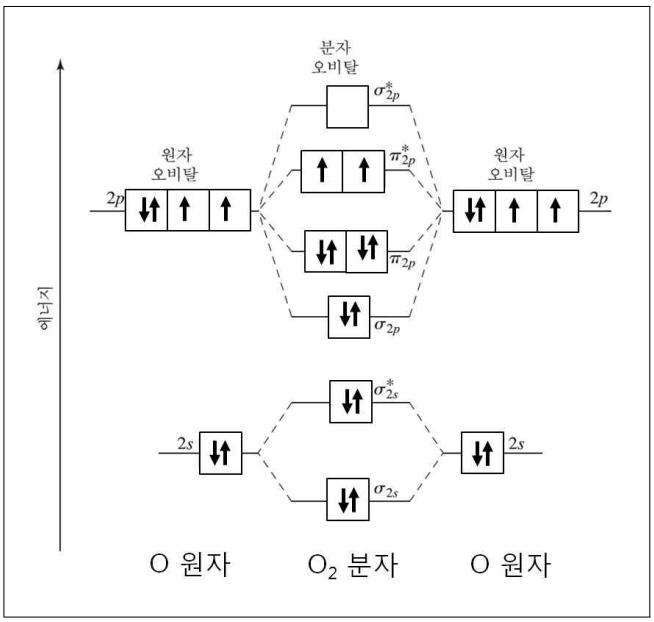
(b) 원자결합이론(VBT)를 가지고 산소분자를 설명할 때 고립전자쌍, σ-결합, π-결합은 각각은 몇 개 있는가? 고립전자쌍은 산소 원자의 어느 오비탈에 있는가? σ-결합은 두 산소원자에 있는 어느 오비탈과 어느 오비탈 사이의 중첩에 의해 형성되는가? π-결합은 두 산소원자에 있는 어느 오비탈과 어느 오비탈 사이의 중첩에 의해 형성되는가?

	개수	오비탈
고립전자쌍	4	sp^2
σ-결합	1	sp^2
π-결합	1	p

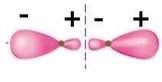
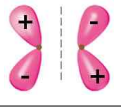
(c) (b)를 바탕으로 O_2 분자를 설명하는 그림(오비탈의 위치와 모양, 전자 배치)을 자세히 그려라.

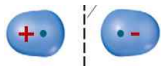


(d) O_2 분자를 분자오비탈(MO) 이론으로 설명하고자 한다. 다음은 O_2 분자에서 MO의 에너지 준위도이다. 산소 원자와 산소 분자의 각 오비탈에 전자 배치를 화살표를 이용하여 표시하고자 한다. 네모 안에 화살표를 이용하여 전자배치를 표시하여라.



(e) (d)에 있는 각 분자오비탈의 모양을 그려라.(위상도 정확히 표시할 것. 두 점은 각 산소 원자에서 핵의 위치를 나타낸다.)

분자오비탈	그림	분자오비탈	그림
σ^*_{2p}		π^*_{2p}	

분자오비탈	그림	분자오비탈	그림
π_{2p}		σ_{2p}	
σ^*_{2s}		σ_{2s}	

* 위 그림에서 +, − 부호는 서로 바뀌어도 됨

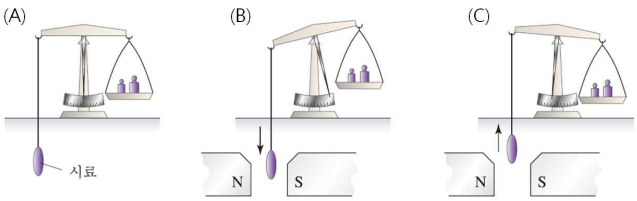
(f) O_2 분자의 MO에서 다음에 답하라.

반결합오비탈에 있는 전자의 개수	4
결합오비탈에 있는 전자의 개수	8
결합 차수	2

(g) O_2 분자는 반자기성 분자인가 상자기성 분자인가? 답하고 그 이유를 MO의 전자 배치와 관련지어 설명하여라.

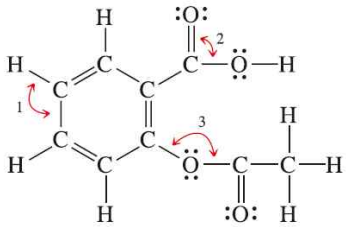
답	상자기성
(이유) 상자기성은 물질이 외톨이전자(unpaired electron)를 가지고 있을 때 나타나는 성질이다. O_2 분자의 MO 그림에서 보면 π^*_{2p} 오비탈에 외톨이전자가 두 개있다. 따라서 O_2 분자는 상자기성이다.	

(h) 매우 낮은 온도에서 액체의 O_2 분자를 아래 그림 (A)의 시료 튜브에 넣은 후, 자석을 그림과 같이 장치하였다. 시료 튜브의 움직임은 어떠하겠는가? (A) 움직이지 않는다. (B) 내려 간다. (C) 올라 간다.



답	(B)

13. (9 + 9 + 5 = 23점) 아스피린으로 알려진 아세틸살리실산(acetylsalicylic acid)의 Lewis 구조는 다음과 같다.



(a) 1, 2, 3의 결합각은 대략 몇 도인가?

1	120°	2	120°	3	109.5°

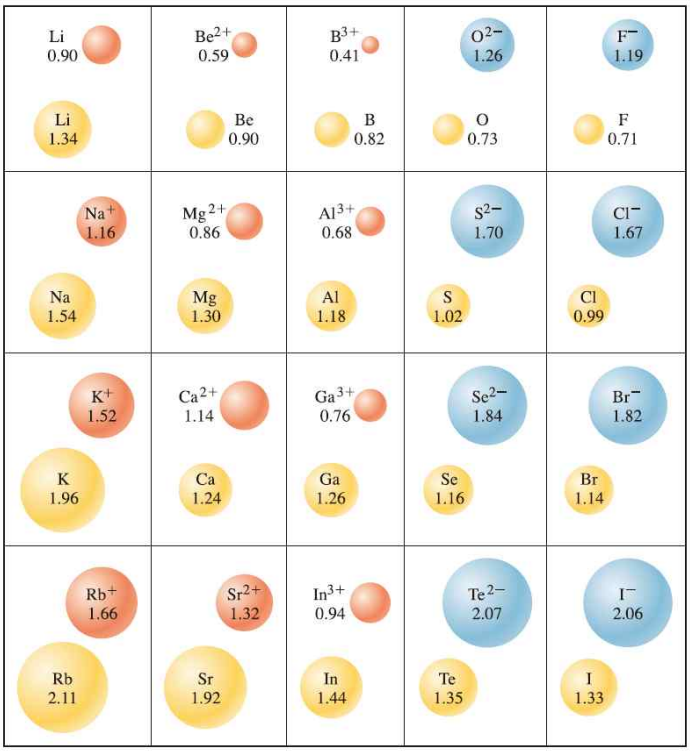
(b) 이들 각의 중심 원자에 사용되는 혼성 오비탈은 무엇인가?

1	sp^2	2	sp^2	3	sp^3

(c) 이 분자에는 σ-결합이 몇 개 있는가? 21 개

- N_A (Avogadro의 수) = 6.0221 x 10^{23} /mol
- R(기체 상수) = 0.08206 L·atm/mol·K
- $E_n = -R_H \times Z_{eff}^2/n^2$
- R_H(Rydberg 상수) = 2.18 x 10^{-18} J

- 원자 반지름과 이온 반지름(단위: Å, 1 nm = 10 Å)



- Slater's rule에 따른 가려막기 상수(screening constant)
  [1s] [2s,2p] [3s,3p] [3d] [4s,4p] [4d] [4f] [5s, 5p] [5d] .....

-

그룹	같은 그룹에 있는 다른 전자	주양자수=n, 부양자수<l 인 그룹의 전자	주양자수= n-1 인 그룹의 전자	주양자수< n-1 인 그룹의 전자
[1s]	0.3	N/A	N/A	N/A
[*n*s,*n*p]	0.35	N/A	0.85	1
[*n*d] or [*n*f]	0.35	1	1	1

PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	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)						

* 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)

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.