

이름: \_\_\_\_\_

- 시험시간: 3:00 PM - 4:20 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: 11
- Page 수: 4 (문제 3 + 자료 1)
- 만점: 335

1. (10점) 다음 등전자종(O<sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)을 조건에 맞게 배열하여라.

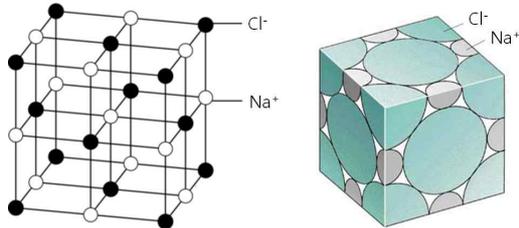
(a) 이온 반지름이 작은 것부터 순서대로

$$\text{Mg}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{F}^- < \text{O}^{2-}$$

(b) 이온화 에너지가 작은 것부터 순서대로

$$\text{O}^{2-} < \text{F}^- < \text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+}$$

2. (5+5+10+10+10=40점) 아래 그림은 NaCl 결정의 단위세포를 나타낸 것이다. (단, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>의 이온반지름은 각각 116, 167 pm이다. 1 pm = 10<sup>-12</sup> m)



(a) 단위세포에 있는 Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> 이온은 각각 몇 개인가?

Na<sup>+</sup> 4 개      Cl<sup>-</sup> 4 개

(b) Cl<sup>-</sup> 이온의 배위수는? 6

(c) 단위세포 한 변의 길이는 몇 cm인가?

한 변의 길이 = a  
 = 2r(Na<sup>+</sup>) + 2r(Cl<sup>-</sup>)  
 = 2 x (116 + 167) pm  
 = 2 x (116 + 167) x 10<sup>-12</sup> m  
 = 5.66 x 10<sup>-10</sup> m  
 = 5.66 x 10<sup>-8</sup> x 10<sup>-2</sup> m  
 = 5.66 x 10<sup>-8</sup> cm

한 변의 길이: 5.66 x 10<sup>-8</sup> cm

(d) NaCl 결정에서 단위세포의 질량은 몇 g 인가?(유효숫자 3개로 계산할 것)

단위세포에 Na<sup>+</sup>와 Cl<sup>-</sup>가 각각 4개씩 있다.  
 단위세포의 질량 = m  
 = 4 x (Na의 질량 + Cl의 질량)  
 = 4 x (23.0 amu + 35.5 amu)  
 = 234 amu x (1g/6.022x10<sup>23</sup>)  
 = 3.89 x 10<sup>-22</sup> g

단위세포의 질량: 3.89 x 10<sup>-22</sup> g

(e) 고체 NaCl의 밀도는 얼마인가? (단위 g/cm<sup>3</sup>)

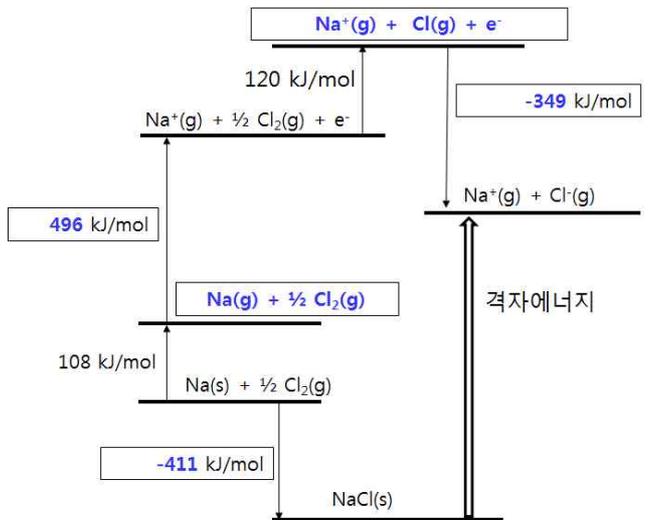
밀도 = 단위세포의 질량/단위세포의 부피  
 = 3.89 x 10<sup>-22</sup> g / (5.66 x 10<sup>-8</sup> cm)<sup>3</sup>  
 = 3.89 x 10<sup>-22</sup> g / (1.81 x 10<sup>-22</sup> cm<sup>3</sup>)  
 = 2.15 g/cm<sup>3</sup>

NaCl의 밀도: 2.15 g/cm<sup>3</sup>

3. (20+25+10+10=65점) (a) 다음은 Na와 Cl에 대한 열역학적 자료이다. 빈칸을 채워라.

원소 또는 화합물	열역학 에너지	열역학적 변화 (물질의 상태도 정확히 표시할 것)	값 (kJ/mol)
Na	1차 이온화에너지	Na(g) → Na <sup>+</sup> (g) + e <sup>-</sup>	496
	2차 이온화에너지	Na <sup>+</sup> (g) → Na <sup>2+</sup> (g) + e <sup>-</sup>	4562
	승화열	Na(s) → Na(g)	108
Cl	전자친화도	Cl(g) + e <sup>-</sup> → Cl <sup>-</sup> (g)	-349
	해리에너지	Cl <sub>2</sub> (g) → 2Cl(g)	240
NaCl(s)	생성엔탈피	Na(s) + 1/2 Cl <sub>2</sub> (g) → NaCl(s)	-411

(b) 아래 그림은 NaCl의 본-하버 순환(Born-haber cycle)이다. 위 표를 참고하여 빈칸을 채워라. (화살표에 따라 부호가 정확해야 함)



(c) NaCl(s)의 격자에너지는 얼마인가?(부호가 정확해야 함)

108 + 496 + 120 - 349 - 격자에너지 + 411 (kJ/mol) = 0  
 격자에너지 = 786 kJ/mol

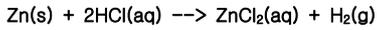
격자에너지(NaCl)	<u>786</u> kJ/mol
-------------	-------------------

(d) RbI의 결정구조는 NaCl과 같다. Rb<sup>+</sup>와 I<sup>-</sup>의 이온반지름이 각각 206, 166 pm 라면 RbI의 격자에너지는 얼마로 예상되는가?

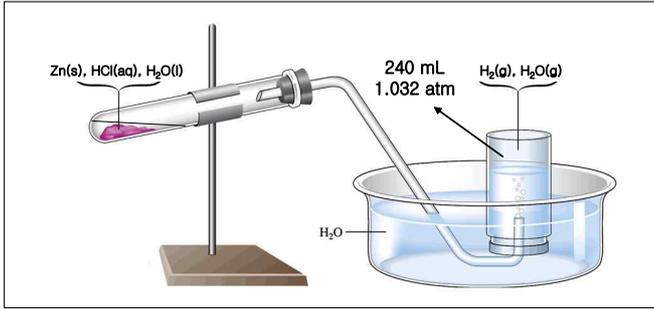
격자에너지는 음이온과 양이온의 거리에 반비례한다.  
 d(Na-Cl) = 116 + 167 = 283 pm  
 d(Rb-I) = 206 + 166 = 372 pm  
 L(RbI) = L(NaCl) x 283/372 = 786 x 283/372 = 598 kJ/mol

격자에너지(RbI)	<u>598</u> kJ/mol
------------	-------------------

4. (20+20=40점) 염산 수용액에 금속아연을 넣으면 수소 기체가 발생한다.



위 반응을 이용하여 수소 기체를 다음 그림과 같이 30°C에서 수상포집하여 얻었다. 이때 포집병에는 수증기도 함께 존재한다.



(a) 포집된 기체의 부피는 240 mL 이고 압력은 1.032 atm 이었다. 30°C 에서의 물의 증기 압력이 32 torr 라면 얻은 기체에서 수소의 분압은 얼마인가?

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

따라서

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

수소의 부분압력: 0.990 atm

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

얻은 수소 기체의 몰수

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

필요한 Zn(s)의 몰 수

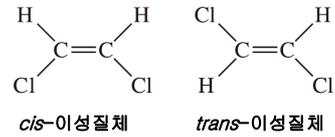
$n_{\text{Zn(s)}} = n_{\text{H}_2\text{(g)}}$   
 $= 9.55 \times 10^{-3} \text{ mol}$

필요한 Zn(s)의 g 수

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

소비된 Zn(s)의 질량: 0.624 g

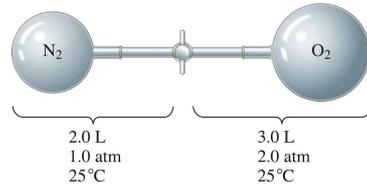
5. (15점) 평면 화합물 1,2-다이클로로에틸렌의 두 가지 이성질체는 다음과 같다.



위의 이성질체 중 한 가지는 60.3°C의 끓는점을 갖고, 다른 것은 47.5°C를 갖는다. 각 끓는점에 대한 이성질체를 결정하고 그 이유를 서술하여라.

60.3°C	cis-이성질체	47.5°C	trans-이성질체
이유	<p>trans-이성질체는 대칭성을 가지고 있기 때문에 무극성 분자이나 cis-이성질체는 극성분자이다. 따라서 cis-이성질체는 쌍극자를 가지게 되어 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 작용하여 끓는점이 더 높다.</p> <p style="text-align: center; color: red;">쌍극자 모멘트</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <math>\begin{array}{c} \text{H} &amp; &amp; \text{H} \\ &amp; \backslash &amp; / \\ &amp; \text{C} = \text{C} \\ &amp; / &amp; \backslash \\ \text{Cl} &amp; &amp; \text{Cl} \end{array}</math> <p style="color: red;">+</p> </div> <div style="text-align: center;"> <math>\begin{array}{c} \text{Cl} &amp; &amp; \text{H} \\ &amp; \backslash &amp; / \\ &amp; \text{C} = \text{C} \\ &amp; / &amp; \backslash \\ \text{H} &amp; &amp; \text{Cl} \end{array}</math> <p style="color: red;">-</p> </div> </div>		

6. (15점) 다음 그림의 실험 기구에서 두 개 용기 사이의 밸브를 열어 기체가 혼합되도록 하였다. 전체 혼합 기체에서 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub> 기체의 부분 압력은 각각 얼마인가?



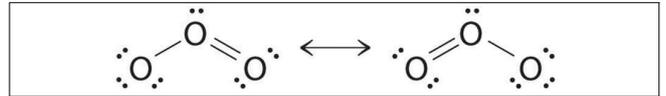
일정온도와 몰 수에서 기체의 압력은 부피에 반비례

$P_{\text{N}_2} = 1.0 \text{ atm} \times 2/5$   
 $= 0.40 \text{ atm}$

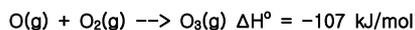
$P_{\text{O}_2} = 2.0 \text{ atm} \times 3/5$   
 $= 1.2 \text{ atm}$

부분압력(N<sub>2</sub>): 0.40 atm      부분압력(O<sub>2</sub>): 1.2 atm

7. (5+15=20점) (a) 오존 분자(O<sub>3</sub>)의 루이스(Lewis) 구조를 그려라.(공명구조가 있으면 모두 그려라.)



(b) 다음 반응의 반응엔탈피는 -107 kJ/mol 이다.



O<sub>3</sub> 분자에서 O~O 결합에너지가 303 kJ/mol 이라고 하면 O<sub>2</sub>분자에서 O~O 결합에너지는 얼마인가 ?

$\text{O(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{O}_3\text{(g)}$   
 $\Delta H^\circ = -107 \text{ kJ/mol} = D(\text{O} \sim \text{O}, \text{O}_2) - 2 D(\text{O} \sim \text{O}, \text{O}_3)$   
 $= D(\text{O} \sim \text{O}, \text{O}_2) - 2 \times 303 \text{ kJ/mol}$   
 $D(\text{O} \sim \text{O}, \text{O}_2) = 606 - 107 \text{ kJ/mol} = 499 \text{ kJ/mol}$

O~O(O<sub>2</sub>) 결합에너지: 499 kJ/mol



<b>&lt;상수&gt;</b>			
Avogadro의 수( $N_A$ )	$6.022 \times 10^{23} / \text{mol}$		
Planck 상수( $h$ )	$6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$		
<b>&lt;단위 변환&gt;</b>			
K	$273.15 + ^\circ\text{C}$		
<b>&lt;밀도, 비열, 증발열, 녹음열&gt;</b>			
물의 비열( $C_p(\text{H}_2\text{O}(l))$ )	$1.00 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) = 4.186 \text{ J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) = 75.29 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$		
수증기의 비열( $C_p(\text{H}_2\text{O}(g))$ )	$0.484 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C}) = 33.58 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$		
<b>&lt;(방정)식&gt;</b>			
수소꼴 원자에서의 전자 오비탈 에너지 준위	$E_n = -R_H \left( \frac{Z^2}{n^2} \right) = -2.178 \times 10^{-18} \text{ J} \left( \frac{Z^2}{n^2} \right) \quad (n=1,2,\dots)$		
빛의 속도	$c = \nu\lambda = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$		
빛의 에너지	$\Delta E = h\nu$		
<b>&lt;표준생성엔탈피: <math>\Delta H_f^\circ</math> (kJ/mol)&gt;</b>			
화합물	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	화합물	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)
H <sub>2</sub> O (l)	-286	아이소프로필 알코올(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O(g))	-318.1
H <sub>2</sub> O (g)	-242		
CO <sub>2</sub> (g)	-293.5		
CH <sub>4</sub> (g)	-78.4		

**PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS**

INERT  
GASES

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	INERT GASES		
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.

\* 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
--------------------	---------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	--------------------

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

† 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)
---------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

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