2018학년도 1학기 화학1 기말고사 (2018년 6월 14일)

이름:_____

- 시험시간: 3:00 PM – 5:30 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: 19 총점: 272점
- Page 수: 5 (문제 4 + 자료 1)

1.[5+5=10점] (a) 원자 [Be, C, K, Ca]를 원자 반지름이 증가하는 순서로 나열하시오.(작은 것에서 큰 것의 순서로)

C < Be < Ca < K

(b) 원자 [Ne, Na, P, Ar, K]를 1차 이온화 에너지가 증가하는 순서대로 나열하시오.(작은 것에서 큰 것의 순서로)

K < Na < P < Ar < Ne

2. [8+10+5=23점] 다음의 반응에는 1.96 x 10^4 kJ/mol의 에너지가 필요하다.

$Li(g) \rightarrow Li^{3+}(g) + 3e^-$ $\Delta H = 1.96 \times 10^4$ kJ/mol

Li의 1차이온화에너지는 520 kJ/mol 이다. 이로부터 Li의 2차이온화에너지는 얼마인지 구하고자 한다. 다음 물음에 답하시오.

(a) 다음의 각 정의에 해당하는 화학반응식을 쓰시오.

정의	화학반응식
Li의 1차 이온화에너지(IE_1)	$Li(g) \rightarrow Li^+(g) + e^-$
Li의 2차 이온화에너지(IE_2)	$Li^+(g) \rightarrow Li^{2+}(g) + e^-$
Li의 3차 이온화에너지(IE_3)	$Li^{+2}(g) \rightarrow Li^{3+}(g) + e^-$
Li의 전자친화도(EA)	$Li(g) + e^- \rightarrow Li^-(g)$

(b) Li의 3차이온화에너지는 몇 kJ/mol 인가?(힌트: 수소골원자에서 1s 오비탈에 있는 전자를 떼어내는 데 필요한 에너지)

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

Li^{2+} 의 1s의 에너지 준위 = $-Z^2R_H/n^2 = -1312\ (Z^2/n^2)$ kJ/mol

Z = 핵전하 = 3, 1s에 대해서 n = 1, R_H = Rydberg 상수 = 1312 kJ/mol 이므로

Li^{2+} 의 1s의 에너지 준위 = $-9R_H = -9 \times 1312$ kJ/mol

따라서
$IE_3 = 1.1808 \times 10^4$ kJ/mol

Li의 3차이온화에너지	1.1808×10^4 kJ/mol

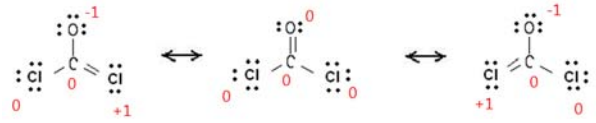
(c) Li의 2차이온화에너지는 몇 kJ/mol 인가?

$Li(g) \rightarrow Li^{3+}(g) + 3e^-$ $IE_1 + IE_2 + IE_3 = 1.96 \times 10^4$ kJ/mol

$IE_2 = 1.96 \times 10^4$ kJ/mol $- IE_1 - IE_3$
$= 1.96 \times 10^4$ kJ/mol $- 520$ kJ/mol $- 1.1808 \times 10^4$ kJ/mol
$= 7272$ kJ/mol

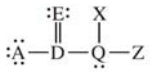
Li의 2차이온화에너지	7272 kJ/mol

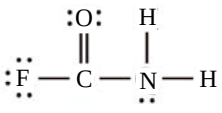
3. [10점] 포스젠($COCl_2$)의 가능한 세 가지 Lewis 구조를 그리시오.(중심원자는 C로서 Cl과 O 원자는 C와 결합한다). 또한 세 구조의 각 원자에 형식전하를 표시하고, 가장 우세한 구조를 큰 동그라미로 표시하시오,



가운데 것

4. [5점] 다음의 Lewis 구조에서, A, D, E, Q, X, Z는 주기율표의 1-2주기의 비금속 원소들이다. 모든 원자의 형식 전하가 0이 되는 원소 6개를 모두 찾아, 원소기호를 사용하여 다시 그리시오.(A, D, E, Q, X, Z 중에는 같은 것이 있을 수도 있다.)

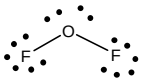
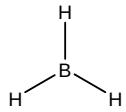
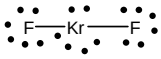




5. [5점] 이온화합물 [NaCl, MgO, CsI, ScN]를 격자에너지가 증가하는 순서로 나열하시오.(작은 것에서 큰 것의 순서로)

CsI < NaCl < MgO < ScN

6. [12점] 다음 분자들의 Lewis 구조를 그리고 입체 구조 및 결합각을 예측하시오. 그리고 중심원자의 흔성궤도함수를 적고 분자의 극성을 예측시오. (고립전자상은 두개의 점으로 결합전자쌍은 실선으로 표시하라.)

분자	Lewis 구조	입체구조	결합각		흔성궤도함수	극성
OF_2		굽은형	F-O-F	<109.5°	sp^3	극성
BH_3		(평면 삼각형) 정삼각형	H-B-H	120°	sp^2	무극성
KrF_2		선형	F-Kr-F	180°	dsp^3	무극성

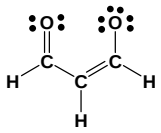
7. [10점] 평균결합에너지 표를 이용하여 "물 분해 반응"

$H_2O(g) \rightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$의 ΔH를 계산하시오.

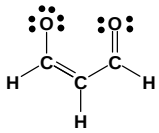
$\Delta H = 2\ D(O-H) - [D(H-H) + \frac{1}{2}D(O_2)]$
$= 2 \times 463 - [436 + 495/2]$
$= 242.5$ kJ

ΔH	242.5 kJ

8. [10+4+6=20점] 다음은 어떤 화학종의 Lewis 구조이다.



(a) ① 이 화학종에는 동등한 다른 공명 구조가 있는가? 있다면 그 구조를 그리고, 없다면 "없음"이라고 쓰시오. ② 이 화학종은 중성 분자인가 이온인가? 전하를 쓰시오,(중성 분자이면 "0", 이온이면 이온의 전하수"

① 공명 구조	② 전하
	−1 (Lewis 구조에서 보면 형식전하가 탄소, 수소는 모두 0, 하나의 산소는 0, 다른 산소는 −1. 형식전하의 합 = 화학종의 전하수 = −1)

(b) 탄소에 형성되는 혼성오비탈은 무엇인가? (세 탄소 원자는 모두 같은 혼성오비탈을 갖는다.) 또 산소에 형성되는 혼성오비탈은 무엇인가? (두 산소 원자는 같은 혼성오비탈을 갖는다.)

C	O
sp^2	sp^2

(c) ① 세 탄소에서 p_π 오비탈에는 모두 몇 개의 전자가 있는가? ② 이 화학종의 π계에는 모두 몇 개의 전자가 있는가?

① 세 탄소의 p_π 오비탈에 있는 전자의 총 수	3
② 화학종의 π계에 있는 전자의 총 수	6

9. [8점] O_2^+ 이온에 대하여 다음을 결정하시오.(힌트: 문제 10(d)에 있는 MO 에너지 준위도 참고)

홀전자수	결합차수	O_2와의 비교		
		O_2^+	부등호	O_2
1	2.5	결합엔탈피	>	결합엔탈피
		결합길이	<	결합길이

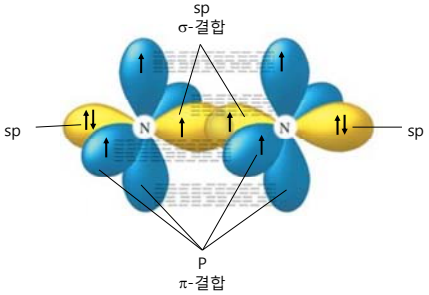
10. [5+12+10+10+12+3+6=59점] 질소분자(N_2)에 대하여 다음에 답하라.

(a) Lewis 구조를 그리시오.

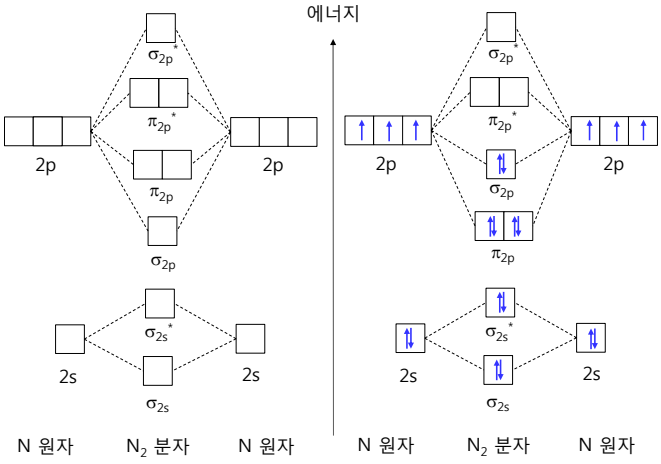
(b) 원자결합이론(VBT)으로 질소분자를 설명할 때 고립전자쌍, σ-결합, π-결합은 각각은 몇 개 있는가? 고립전자쌍은 질소 원자의 어느 혼성오비탈에 있는가? σ-결합은 두 질소 원자에 있는 어느 혼성오비탈 사이의 중첩에 의해 형성되는가? π-결합은 두 질소 원자에 있는 어느 오비탈 사이의 중첩에 의해 형성되는가?

	개수	오비탈
고립전자쌍	2	sp
σ-결합	1	sp
π-결합	2	p

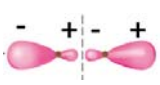
(c) (b)를 바탕으로 N_2 분자를 설명하는 그림(오비탈의 위치와 모양, 전자 배치)을 자세히 그리시오.

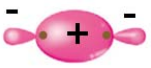
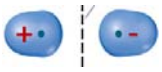
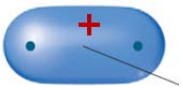


(d) N_2 분자를 분자오비탈(MO) 이론으로 설명하고자 한다. 다음은 N_2 분자에서 MO의 에너지 준위도이다. N 원자와 N_2 분자의 각 오비탈에 전자 배치를 화살표를 이용하여 표시하시오.(좌우 중 맞는 에너지 준위를 선택하고 거기에만 전자배치를 표시할 것)



(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}	

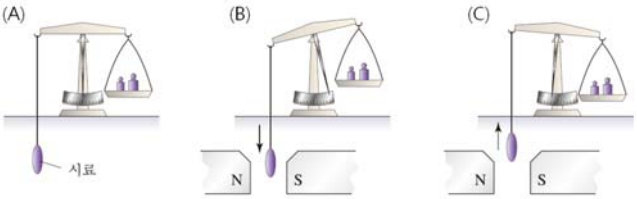
분자오비탈	그림	분자오비탈	그림
π_{2p}		σ_{2p}	
σ^*_{2s}		σ_{2s}	

* 위 그림에서 +, − 부호는 서로 바뀌어도 됨

(f) N_2 분자의 MO에서 다음에 답하시오.

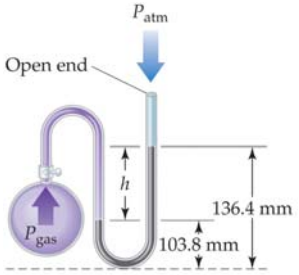
반결합오비탈에 있는 전자의 개수	2
결합오비탈에 있는 전자의 개수	8
결합 차수	3

(g) ① N_2 분자는 반자기성 분자인가 상자기성 분자인가? 또 그 이유를 설명하시오. ② 매우 낮은 온도에서 액체의 N_2 분자를 아래 그림 (A)의 시료 튜브에 넣은 후, 자석을 그림과 같이 장치하고 정밀하게 관찰하였다. 시료 튜브의 움직임은 어떠하겠는가? (A) 움직이지 않는다. (B) 내려간다. (C) 올라간다.



①	반자기성? 상자기성?	반자기성
	이유	상자기성은 물질이 홀전자(unpaired electron)를 가지고 있을 때 나타나는 성질이다. N_2 분자의 MO 그림에서 보면 외톨이전자가 없다. 따라서 N_2 분자는 반자기성이다.
②	(C)	

11. [10점] 어느 날, 실험실 기압계가 대기압이 764.7 torr임을 나타내고 있다. 기체 시료를 플라스크에 채우고 한족 끝이 열린 수은 압력계에 부착하였다(그림). 미터 단위의 자를 사용하여 U자관의 두 팔의 수은 높이를 측정하니 그림과 같았다. 기체의 압력은 몇 atm 인가? (답은 유효숫자 네 자리로 정확히 맞아야 함)



P_{gas} + 103.8 = 764.7 + 136.4 (mmHg)
P_{gas} = 797.3 mmHg = 797.3 mmHg x (1atm/760mmHg)
= 1.049 atm

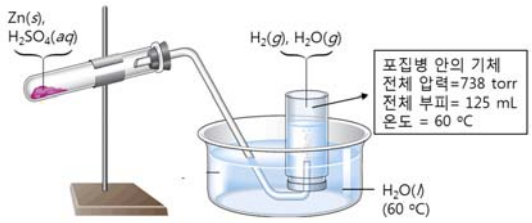
P_{gas}	1.049 atm

12. [12점] 다음의 행위가 대상에 어떤 영향을 미치는지 '증가', '감소', '영향 없음' 중 하나를 골라 쓰시오.

행위	대상	영향
일정량의 물의 표면적을 증가시킬 때	증기 압력	영향 없음
온도를 높일 때	증기 압력	증가
대기압이 높아질수록	물의 끓는점	증가
대기압이 높아질수록	물의 어는점	감소
일정온도에서 분자량이 커질수록	기체의 평균운동에너지	영향 없음
일정온도에서 분자량이 커질수록	기체의 분출 속도	감소

13. [10+10=20점] 아연과 황산은 반응하여 수소 기체($H_2(g)$)를 만든다. 그림과 같은 장치에서 $H_2(g)$를 수상포집하였다.

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$$



(a) $H_2(g)$의 부분압력[$P_{H2(g)}$]은 몇 torr인가? 또 $H_2(g)$의 몰분율[$\chi_{H2(g)}$]은 얼마인가?

물의 증기압 곡선으로부터 60°C에서 $P_{H2O(g)}$ = 150 torr

$P_{total} = P_{H2(g)} + P_{H2O(g)} = P_{H2(g)} + 150$ torr = 738 torr
$P_{H2(g)}$ = 738 − 150 torr = 588 torr

$\chi_{H2(g)}$ = 588/738 = 0.797

$P_{H2(g)}$	588 torr	$\chi_{H2(g)}$	0.797

(b) 몇 그램의 Zn(s)이 소비되었는가?

$P_{H2O(g)}$ = 588 torr = 588/760 atm (= 0.774 atm)

생성된 $H_2(g)$의 몰 수

$$= \frac{PV}{RT} = \frac{(588/760\,atm)(0.125\,L)}{(0.08206\,Latm/Kmol)(273.15+60)K}$$

$$\frac{PV}{RT} = \frac{(588/760\,atm)(0.125\,L)}{(0.08206\,Latm/Kmol)(273.15+60)K}$$
= 0.00354 mol
= 3.54 x 10^{-3} mol

소비된 Zn(s)의 몰 수 = 생성된 $H_2(g)$의 몰 수 = 3.54 x 10^{-3} mol

소비된 Zn(s)의 질량 = 3.54 x 10^{-3} mol x 65.37 g/mol = 0.231 g

소비된 Zn(s)의 질량	0.231 g

14. [10점] 다음은 벤젠(C_6H_6)의 자료이다.

온도	T_1	T_2
증기압	P_1	P_2
기화엔탈피	ΔH_{vap}	

P_2를 T_1, T_2, P_1, ΔH_{vap}, R(기체상수)를 이용하여 나타내시오.

Clausius-Clapeyron 식에서

$$\ln P_1 = -\frac{\Delta H_{vap}}{RT_1} + C$$

$$\ln P_2 = -\frac{\Delta H_{vap}}{RT_2} + C$$

$$\ln P_2 - \ln P_1 = -\frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

$$\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = -\frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

$$\frac{P_2}{P_1} = e^{-\frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)}$$

$$P_2 = P_1\, e^{-\frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)}$$

P_2 = $P_1\, e^{-\frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)}$

15. [12점] 물-프로판올($CH_2CH_2CH_2OH$) 의 몇 가지 조성이 다른 용액의 증기압을 측정하여 45°C에서 다음의 자료를 얻었다.

χ_{H2O} (물의 몰분율)	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

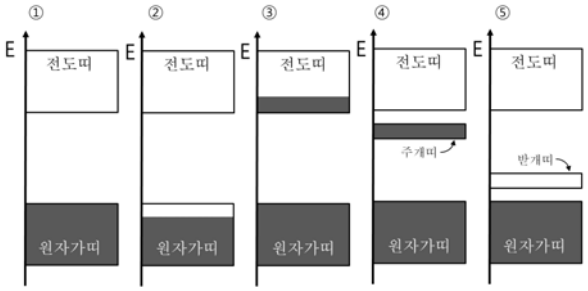
45°C에서 물음에 답하시오.

(a) 순수한 물의 증기압은?	71.9 torr
(b) 순수한 프로판올의 증기압은?	74.0 torr
(c) 물-프로판올 용액이 이상 용액이라고 하면 프로판올의 몰분율이 0.400일 때 용액의 증기압은?	72.7 torr
(d) 물과 프로판올 사이의 인력은 순수한 물 사이 또는 순수한 프로판올 사이의 인력 보다 큰가, 작은가, 같은가?	작다
(e) 물-프로판올 용액의 용해열 (ΔH_{soln})은 음, 양, 0 중 어느 것인가?	양
(f) ① 물-프로판올(50:50) 용액, ② 물, ③ 프로판올의 끓는점을 낮은 것에서 높은 것의 순서로 쓰시오.(오른쪽 부등호에 번호로 표시)	① < ③ < ②

16. [9점] (a) p-type semiconductor를 만들기 위하여 도핑 된 것을 있는 대로 모두 고르시오? (주 원자 : 도핑 원자)

① Ge:P ② Si:Ge ③ Si:Al ④ Ge:S ⑤ Si:N ⑥ Ga:As ⑦ Si:B

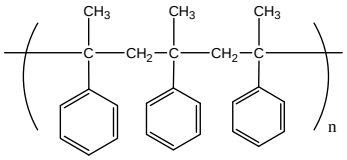
(b) 아래 그림은 고체의 전자 띠(band) 에너지 준위도로, 짙은 색은 전자가 차 있는 부분을 나타낸 것이다. 전도체의 띠구조를 있는 대로 모두 고르시오.

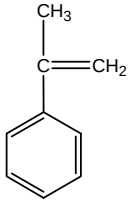


(c) 위 (b) 그림에서 p-type semiconductor의 띠구조를 있는 대로 모두 고르시오.

(a)	(b)	(c)
③, ⑦	②, ③	⑤

17. [5+3=8점] (a) 다음의 중합체 A 를 제조하기 위하여 필요한 단위체 B의 구조를 그리시오.

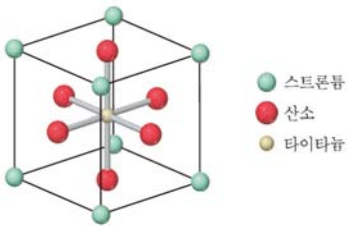




(b) 중합체 A는 단위체 B을 _____중합반응하여 만든다. 밑줄에 들어갈 단어는?

첨가

18. [5+5+4+6=20점] Tausonite는 Sr(스트론튬), O(산소), Ti(타이타늄)으로 이루어진 광물(이온화합물)이다, 아래 그림에 Tausonite의 단위세포(입방)와 단위세포에서 각 이온의 위치를 나타내었다. 입방단위세포에서 Sr은 꼭지점에, 산소는 각 면의 중앙에, Ti는 입방체의 중앙에 위치한다. (Sr: 양이온, O: 음이온, Ti: 양이온)



(a) 이 광물의 실험식은 무엇인가?

SrO_3Ti

(b) Sr의 배위수는 얼마인가? (양이온의 배위수는 양이온과 가장 근접한 음이온의 개수를 말한다.)

12

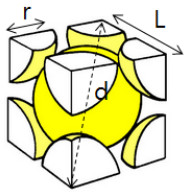
(c) Ti 배위수와 배위구조는? (양이온의 배위수는 양이온과 가장 근접한 음이온의 개수를 말한다. 이 때 양이온의 배위구조는 가장 근접한 음이온으로 만들어지는 기하학적 모양이다.)

이온	배위수	배위구조
Ti	6	정팔면체

(d) 다음 각 이온의 산화수는?((a)의 실험식과 주기율표 참조)

이온	산화수
Sr	+2
O	−2
Ti	+4

19. [10점] 체심입방격자의 쌓음효율을 계산하시오.



구의 반지름을 r, 단위세포 한 변의 길이를 L 이라 하자.
정육면체의 대각선의 길이를 d 라고 하면 d = 4r.
$(4r)^2 = 3L^2$

$$L = \frac{4}{\sqrt{3}}r$$

단위세포 안에 있는 구의 개수 = 8x(1/8) + 1 = 2

쌓음 효율 = $\frac{2\times(\frac{4}{3}\pi r^3)}{L^3} = \frac{2\times(\frac{4}{3}\pi r^3)}{(\frac{4}{\sqrt{3}}r)^3} = \frac{\frac{8}{3}\pi}{\frac{64}{3\sqrt{3}}} = 0.68 = 68\%$

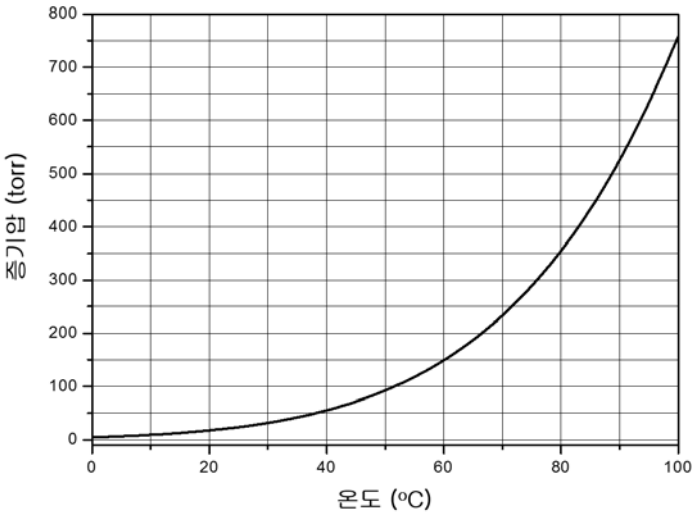
쌓음효율	68 %

<상수>	
기체상수 (*R*)	0.08206 L·atm/(K·mol) = 8.314 J/(K·mol)
Avogadro의 수(N_A)	6.022×10^{23}/mol
<단위 변환>	
1 atm	760 mmHg = 760 torr = 1.01325×10^5 Pa = 1.01325×10^5 N/m^2
K	273.15 + °C
<(방정)식>	
수소꼴 원자에서의 전자 오비탈 에너지 준위	$E_n = -R_H(\frac{Z^2}{n^2}) = -2.178 \times 10^{-18} J(\frac{Z^2}{n^2}) = -1312(\frac{Z^2}{n^2})\, kJ/mol$
빛의 속도	$c = \nu\lambda$
빛의 에너지	$\Delta E = h\nu$
이상기체 상태방정식	$PV = nRT$
Clausius-Clapeyron 식	$\ln P = -\frac{\triangle H_{vap}}{RT} + C$ (C: 상수)

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)						

표 8.4 평균 결합 엔탈피(kJ/mol)

단일 결합					
C—H	413	N—H	391	O—H	463
C—C	348	N—N	163	O—O	146
C—N	293	N—O	201	O—F	190
C—O	358	N—F	272	O—Cl	203
C—F	485	N—Cl	200	O—I	234
C—Cl	328	N—Br	243		
C—Br	276			S—H	339
C—I	240	H—H	436	S—F	327
C—S	259	H—F	567	S—Cl	253
		H—Cl	431	S—Br	218
Si—H	323	H—Br	366	S—S	266
Si—Si	226	H—I	299		
Si—C	301				
Si—O	368				
Si—Cl	464				
다중 결합					
C=C	614	N=N	418	O_2	495
C≡C	839	N≡N	941		
C=N	615	N=O	607	S=O	523
C≡N	891			S=S	418
C=O	799				
C≡O	1072				

물의 증기압 곡선