2007년도 화학2 중간고사 (2007년 11월 29일)

이름:_____ 학번:_____ 학과:_____

- 시험시간: 3:00 PM – 4:30 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. 빈 공간의 길이와 풀이과정과는 상관관계가 없음.
- 시험에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음.
- 문제수: 13
- Page 수: 4
- 만점: 269점

1. 0.50 M CH_3COOH (K_a = 1.8 x 10^{-5}) 과 0.50 M $NaCH_3COO$로 만들어진 완충용액이 있다. 이 완충용액 1.00 L에 0.400 g의 NaOH를 첨가하였을 때의 pH를 구하여라. (20점)

반응 전의 주요 화학종: CH_3COOH, Na^+, CH_3COO^-, OH^-, H_2O

화학양론 문제 (완전반응) : $CH_3COOH + OH^- \leftrightarrows H_2O + CH_3COO^-$

	CH_3COOH	+ OH^-	⇆ H_2O +	CH_3COO^-
반응전	0.50 mol	0.0100 mol		0.50 mol
	(=0.50 M x 1.00 L)			(=0.50 M x 1.00 L)
반응후	0.49 mol	0 mol		0.51 mol

pH 에 영향을 주는 반응식: $CH_3COOH \leftrightarrows H^+ + CH_3COO^-$

	CH_3COOH	⇆ H^+	+ CH_3COO^-
초기농도	0.49 M	~0 M	0.51 M
	(= 0.49 mol/1.00L)		(= 0.49 mol/1.00L)
평형농도	(0.49 –x) M	x M	(0.51 +x) M

$$K_a = 1.8\times10^{-5} = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{x(5.1+x)}{4.9-x} \approx \frac{x(5.1)}{4.9}$$

$$[H^+] = x = 1.7\times10^{-5} M$$

$$(5\%\,\text{rule}: \frac{x}{[CH_3COOH]_0} = \frac{1.7\times10^{-5}M}{4.9M} < 5\%)$$

$$\text{pH} = -\log(1.7\times10^{-5}) = 4.76$$

(다른 풀이법) Henderson-Hasselbach eq 에 따라

$$pH = pK_a + \log(\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]})$$

$$= -\log(1.8\times10^{-5}) + \log(\frac{0.51}{0.49})$$

$$= 4.74 + 0.02 = 4.76$$

pH = 4.76

2. $Ag_2C_2O_4$(s)의 포화용액에서 Ag^+의 농도는 2.2 x 10^{-4} M 이다. $Ag_2C_2O_4$(s) 의 K_{sp} 값은? (20점)

$$Ag_2C_2O_4(s) \leftrightarrows 2Ag^+(aq) + C_2O_4^{2-}$$

$Ag_2C_2O_4$(s) 의 용해도를 x M 이라하면

	$Ag_2C_2O_4(s)$ ⇆	$2Ag^+(aq)$ +	$C_2O_4^{2-}$
처음	x M	0	0
평형	0	2x M	x M

2x M = 2.2 x 10^{-4} M 이므로

x M = 1.1 x 10^{-4} M

K_{sp} = $[Ag^+]^2[C_2O_4^{2-}]$

K_{sp} = $(2x)^2(x) = 4x^3$
= 4 x (1.1 x 10^{-4})^3
= 5.3 x 10^{-12}

K_{sp} = 5.3 x 10^{-12}

3. 다음의 암모니아 합성 반응을 생각해보자.

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

25°C에서 N_2(g) 1 mol 당 위 반응의 ΔG° 는 −33.3 kJ 이다. 25°C에서 다음의 반응물과 생성물로 이루어진 혼합물이 평형에 도달하기 위하여 계가 이동하는 방향을 예측하여라. (20점 = 10+10)

(a) P_{NH3} = 1.00 atm, P_{N2} = 1.47 atm, P_{H2} = 1.00 x 10^{-2} atm

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT\ln(Q)$$

$$= \Delta G^0 + RT\ln(\frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2}P_{H_2}^3})$$

$$= -33.3kJ + 8.3145J/K\cdot mol \times 298K \times \ln(\frac{1.00^2}{(1.47)(1.00\times10^{-2})^3})$$

$$= 0$$

계는 이미 평형상태에 있고 더 이상 평형 이동이 일어나지 않는다.

(b) P_{NH3} = 1.00 atm, P_{N2} = 1.00 atm, P_{H2} = 1.00 atm

주어진 부분 압력이 모두 1 atm 이므로, 계는 표준 상태에 있다. 따라서 $\Delta G = \Delta G^\circ$ = −33.3 kJ/mol < 0 이다.

따라서 정방향쪽이 자발적 과정이므로 계는 오른쪽으로 이동한 후 평형에 도달한다.

4. 녹는점 이하의 온도에서 고체는 경우에 따라 하나의 고체 구조에서 다른 고체 구조로 상(phase)이 변한다. 예를 들어, 황은 95°C 이하에서는 사방정계(rhombic)의 고체구조를 하지만 95°C 이상에서는 단사정계(monoclinic)의 고체구조를 한다. 즉, 95°C에서 상전이 (phase transition)를 한다. (사방정계 고체 → 단사정계 고체) (25점 =15+10)

(a) $S_{사방}$ → $S_{단사}$ 과정에 대한 △H와 △S의 부호를 예측하여라. (그 이유도 쓸 것)

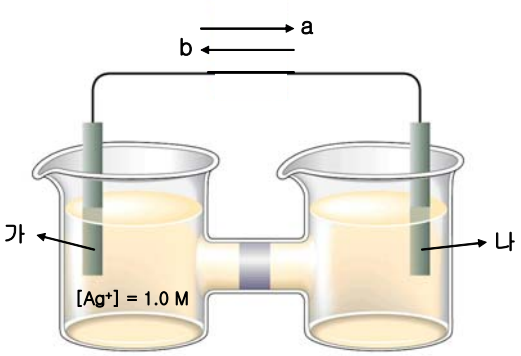
95°C 이하에서는 사방정계(rhombic)의 구조를 하지만 95°C 이상에서는 단사정계(monoclinic)의 구조를 하므로 $S_{사방}$ → $S_{단사}$ 과정은 흡열반응이다. 따라서, △H > 0 이다.

예를 들어, 100°C에서 $S_{사방}$ → $S_{단사}$ 과정에서 △G < 0 이므로
△G = △H − 373K△S <0 이다. △H > 0 이므로 △S > 0 이어야 한다.

(a) 황 고체의 두 구조에서 어느 구조가 더 잘 정돈된 구조인가? (그 이유도 쓸 것)

$S_{사방}$ → $S_{단사}$ 과정에 대하여 △S > 0 이므로 단사정계의 구조가 무질서도가 더 크다. 따라서 사방정계 구조가 더 잘 정돈된 구조이다.

5. 아래의 농도차 전지에서 오른쪽 비커의 Ag^+ 농도가 다음과 같을 때 25°C에서 전지 전위를 계산하여라. 또, 환원전극(cathode), 산화전극(anode) 및 전자가 흐르는 방향은? (29점 = 19+10)



(a) 2.0 M

전지전위

오른쪽 비커의 $[Ag^+]$농도가 왼쪽 비커의 $[Ag^+]$농도 보다 높기 때문에 평형에 이르기 위하여 오른쪽 비커의 $[Ag^+]$농도는 낮아지고 왼쪽 비커의 $[Ag^+]$농도 높아져야 한다.

따라서 '가' 전극에서는 $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$ 의 산화가 일어나야 하고 (산화전극) '나' 전극에서는 $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ 의 환원이 일어나야 한다. (환원전극)

따라서 전자는 a 방향으로 흐른다.

환원 반쪽 반응 : $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ $E^o = 0.80$ V
산화 반쪽 반응 : $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$ $E^o = -0.80$ V

따라서
전체 반응 : $Ag^+ \rightarrow Ag^+$ $E^o = 0$ V

$E = E^o - RT/nF \ln(Q) = E^o - 0.0591/n \log(Q)$
$= 0 - 0.0591 \log(1.0/2.0) = 0.018$ V

환원전극	나
산화전극	가
전자가 흐르는 방향	a

(b) 양쪽 비커의 Ag^+ 의 농도가 모두 $[Ag^+]=0.10$ M 일 때

전지전위

양쪽 비커의 Ag^+ 의 농도가 모두 $[Ag^+]=0.10$ M 일 때는 이미 평형에 도달한 상태이기 때문에 전위차가 발생하지 않는다. 따라서 전지전위는 0 V 이다.

6. Ag^+가 포함된 0.250 L의 용액에서 모든 은을 도금 석출시키는 데 2.00 A 전류를 이용하여 2분 30초가 걸렸다. 용액에서 원래 Ag^+의 농도는 얼마인가? (15점)

흘려준 전하의 총 량
= 2.00 A x 150 sec
= 2.00 C/sec x 150 sec
= 300. C

따라서

흘려준 전자의 총 량
= 300. C x (1 mol e^-)/(96485 C)
= 3.11×10^{-3} mol e^-

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ 이므로

석출된 Ag의 양
= 흘려준 전자의 총 량
= 3.11×10^{-3} mol Ag

따라서 0.250 L의 용액에는 3.11×10^{-3} mol Ag^+ 이온이 있었다.

$[Ag^+] = 3.11 \times 10^{-3}$ mol / 0.250 L = 1.24×10^{-2} M

$[Ag^+] = 1.24 \times 10^{-2}$ M

7. 다음 원소들의 전자배치를 써라. (14점)

V	Cr	Mn	Fe
$[Ar]4s^23d^3$	$[Ar]4s^13d^5$	$[Ar]4s^23d^5$	$[Ar]4s^23d^6$
Co	Ni	Cu	Zn
$[Ar]4s^23d^7$	$[Ar]4s^23d^8$	$[Ar]4s^13d^{10}$	$[Ar]4s^23d^{10}$

8. CN^-는 센장(강한장, strong field) 리간드로서 Cr 이온과 만나서 정팔면체 구조를 가지는 $[Cr(CN)_6]^{4-}$ 착이온을 형성한다. 다음 질문에 답하라. (46점 =5+5+15+21)

(a) $[Cr(CN)_6]^{4-}$ 의 이름을 써라.

hexacyanocromate(II) 헥사사이아노크롬(II)산

(b) Cr의 산화수는?

+2

(c) $[Cr(CN)_6]^{4-}$의 구조와 결합을 원자가결합이론 (Valence Bond Theory)으로 설명하여라.

다음 그림 1과 같이 Cr^{2+} 이온에서 3d 오비탈 2 개 4s 오비탈 1 개 3p 오비탈 3 개가 혼성하여 d^2sp^3 혼성오비탈 6개를 만든다. 이 6 개의 오비탈은 그림 2와 같이 Cr을 중심으로 정육면체 배열을 한다. 비어 있는 각 d^2sp^3 혼성오비탈과 각 CN^- 리간드의 비공유(고립) 전자쌍이 들어있는 오비탈과 overlap 하고 이 overlap된 6개의 오비탈들에 리간드로 부터 온 6쌍의 비공유 전자쌍이 들어가게 되어 정팔면체 배위구조를 가지는 $[Cr(CN)_6]^{4-}$ 착이온을 형성한다.

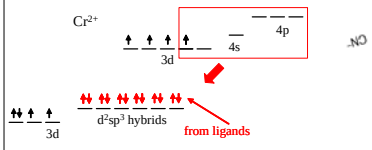


그림 1

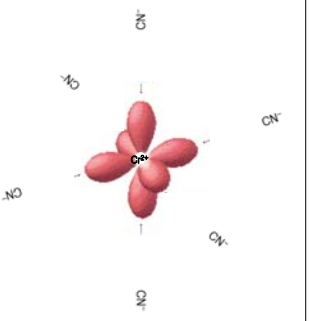
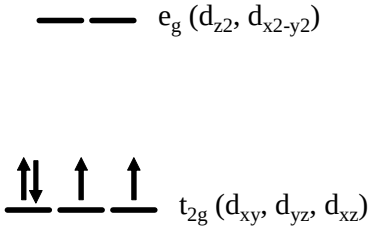


그림 2

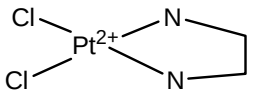
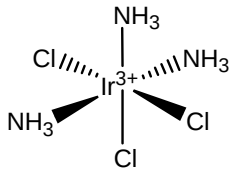
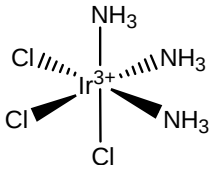
(d) 결정장 이론(crystal Field Model)에 근거하여 $[Cr(CN)_6]^{4-}$ 착이온에서의 3d 궤도함수 에너지의 분리를 그림으로 표시하고 그림 위에 d-전자의 배치를 화살표로 표시하라. 홀전자 (unpaired electron)는 몇 개인가? 스핀 양자수 (S) 는 얼마인가? (오비탈의 이름도 그림위에 써라.)

그림

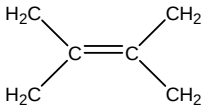
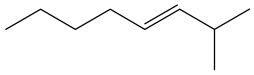
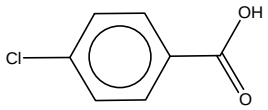


홀전자의 수	2
스핀양자수 (S)	1

9. 다음의 구조를 그려라. (15점)

시스-다이클로에틸렌다이아민 백금(II) *cis*-dichloroethylendiamine platinum(II)	
$[Ir(NH_3)_3Cl_3]$ (두가지 이성질체의 구조)	
	

10. 다음 탄소화합물의 이름 또는 구조를 그려라. (15점)

이름	구조
2,3-다이메틸-2-부텐 (2,3-dimethyl-2-butene)	
2-메틸-3-옥텐 (2-methyl-3-octene)	
4-클로로벤조산 p-클로로벤조산 (3-chlorobenzoic acid p-chlorobenzoic acid)	

11. 다음 반응의 생성물은 무엇인가? (10점)

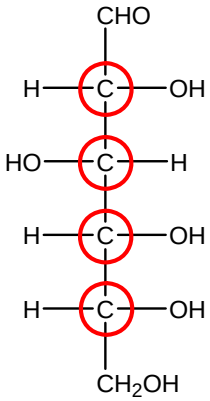
$CH_3CH_2OH \xrightarrow{KMnO_4(aq)}$	CH_3COOH
$CH_3CH{=}CHCH_3 + H_2 \xrightarrow{Pt}$	$CH_3CH_2CH_2CH_3$

12. HCl, HBr 및 H_2O는 C-C 다중 결합에 첨가될 수 있다. H가 다중 결합의 한 탄소에 결합하고 Cl, Br, 또는 OH가 다중 결합의 다른 탄소에 결합한다. 이럴 경우 두 가지 생성물이 가능한데, 그 중에서 주생성물은 다중 결합의 탄소 중에서 더 많은 수소와 결합하고 있는 탄소에 수소가 첨가되는 것이다. 이와 같은 규칙에 따라 다음 반응의 주생성물을 예측하여라. (15점)

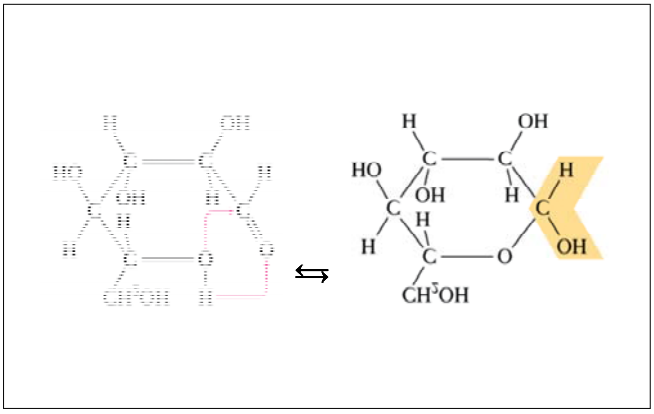
$CH_3CH_2CH{=}CH_2 + H_2O \longrightarrow$	$CH_3CH_2CH(OH)CH_3$
$CH_3CH_2CH{=}CH_2 + HBr \longrightarrow$	$CH_3CH_2CH(Br)CH_3$
$CH_3CH_2C{\equiv}CH + 2HBr \longrightarrow$	$CH_3CH_2CBr_2CH_3$

13. 탄수화물은 단당류(monosaccharide, 조성식 CH_2O)의 단위체가 연결된 중합체(고분자)이다. 탄소 6개를 가지고 있는 단당류를 육탄당(hexose)라고 한다. 다음의 (a)는 육탄당 중의 하나인 D-glucose의 구조식이다. (25점 =10+15)

(a) D-glucose에 있는 키랄 탄소를 동그라미로 모두 표시하여라.



(b) (a)는 D-glucose가 사슬형태로 되어있는 것이다. 수용액에서는 보통 고리화(cyclization)가 되고, 고리형태로 된 D-glucose 단위체가 글리코사이드 결합(glycoside linkage)에 의하여 연결된 중합체가 되어 녹말(starch) 또는 셀룰로오스(cellulose) 등을 만든다. 수용액에서 D-glucose가 사슬형태에서 고리형태로 되는 과정과 고리형태 D-glucose의 구조를 그려라.



한 학기 동안 수고하였습니다. 성적은 웹사이트 bh.knu.ac.kr/~leehi 에 12월 3일~8일 사이에 공고될 예정이니 웹사이트를 꼭 확인하기 바랍니다.

- 여러 가지 상수들 -

- R (기체상수) = 0.08206 L•atm/(mol•K) = 8.314 J/(mol•K)
- Na의 원자량 = 22.99 g/mol
- H의 원자량 = 1.008 g/mol
- O의 원자량 = 16.00 g/mol
- Ag의 원자량 = 107.9 g/mol
- F (Faraday 상수) = 96485 C/(mol e^-)

TABLE 17.1 Standard Reduction Potentials at 25°C (298 K) for Many Common Half-Reactions

Half-Reaction	$\mathscr{E}°$ (V)	Half-Reaction	$\mathscr{E}°$ (V)
$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$	2.87	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	0.40
$Ag^{2+} + e^- \rightarrow Ag^+$	1.99	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	0.34
$Co^{3-} + e^- \rightarrow Co^{2-}$	1.82	$Hg_2Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Hg + 2Cl^-$	0.27
$H_2O_2 + 2H^- + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	1.78	$AgCl + e^- \rightarrow Ag + Cl^-$	0.22
$Ce^{4+} + e^- \rightarrow Ce^{3+}$	1.70	$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightarrow H_2SO_3 + H_2O$	0.20
$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$	1.69	$Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$	0.16
$MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$	1.68	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0.00
$2e^- + 2H^+ + IO_4^- \rightarrow IO_3^- + H_2O$	1.60	$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$	−0.036
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	1.51	$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	−0.13
$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$	1.50	$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	−0.14
$PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$	1.46	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	−0.23
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	1.36	$PbSO_4 + 2e^- \rightarrow Pb + SO_4^{2-}$	−0.35
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1.33	$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$	−0.40
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	1.23	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	−0.44
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$	1.21	$Cr^{3+} + e^- \rightarrow Cr^{2+}$	−0.50
$IO_3^- + 6H^+ + 5e^- \rightarrow \frac{1}{2}I_2 + 3H_2O$	1.20	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	−0.73
$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	1.09	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	−0.76
$VO_2^+ + 2H^+ + e^- \rightarrow VO^{2+} + H_2O$	1.00	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$	−0.83
$AuCl_4^- + 3e^- \rightarrow Au + 4Cl^-$	0.99	$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn$	−1.18
$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$	0.96	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	−1.66
$ClO_2 + e^- \rightarrow ClO_2^-$	0.954	$H_2 + 2e^- \rightarrow 2H^+$	−2.23
$2Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg_2^{2+}$	0.91	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	−2.37
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.80	$La^{3+} + 3e^- \rightarrow La$	−2.37
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2Hg$	0.80	$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	−2.71
$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	0.77	$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$	−2.76
$O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$	0.68	$Ba^{2+} + 2e^- \rightarrow Ba$	−2.90
$MnO_4^- + e^- \rightarrow MnO_4^{2-}$	0.56	$K^+ + e^- \rightarrow K$	−2.92
$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	0.54	$Li^+ + e^- \rightarrow Li$	−3.05
$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu$	0.52		