

이름: _____ 학번: _____ 학과: _____

- 시험시간: 6:30 PM - 9:00 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.
- 실험에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음.
- 문제수: 15
- Page 수: 5
- 만점: 257 점

1. (10점) 열역학 제2법칙은 “자발적인 과정에서 우주의 엔트로피는 항상 증가한다.”라고 기술하고 있다. 즉, 자발적인 과정에서 $\Delta S_{\text{우주}} = \Delta S_{\text{계}} + \Delta S_{\text{주위}} > 0$ 이다. 이로부터 자발적인 과정에서 계의 자유에너지 변화량($\Delta G = \Delta G_{\text{계}}$)은 음수임을 증명하시오. ($\Delta S_{\text{주위}} = -\frac{\Delta H}{T}$)

$$\Delta S_{\text{주위}} = -\frac{\Delta H}{T} \text{ 이므로}$$

$$\Delta S_{\text{우주}} = \Delta S + \Delta S_{\text{주위}} = \Delta S - \frac{\Delta H}{T} \text{ 이다.}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \text{ 이므로}$$

$$\Delta S_{\text{우주}} = \Delta S - \frac{\Delta H}{T} = -\frac{\Delta G}{T}$$

$$\text{자발적인 과정에서 } \Delta S_{\text{우주}} = -\frac{\Delta G}{T} > 0 \text{ 이고 } T \text{ 는 항상 양이므로}$$

$$\text{자발적인 과정에서 } \Delta G < 0 \text{ 이다.}$$

2. (10 + 10 = 20점) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}, \text{적철광})$ 로부터 $\text{Fe}(\text{s}, \text{철})$ 을 얻는 방법으로는 열분해법과 환원법을 생각해 볼 수 있다. 다음의 표를 참고하여 물음에 답하시오,

화합물	ΔH_f° (kJ/mol)	S° (J/K·mol)
$\text{Fe}(\text{s})$	0	27.28
$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$	-824.2	87.40
$\text{O}_2(\text{g})$	0	205.03
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-285.83	69.91
$\text{H}_2(\text{g})$	0	130.57
$\text{C}(\text{s})$	0	5.74
$\text{CO}(\text{g})$	-110.52	197.56
$\text{CO}_2(\text{g})$	-393.51	213.63

(a) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 를 열분해하면 $\text{Fe}(\text{s})$ 가 얻어진다.



$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 를 열분해하여 $\text{Fe}(\text{s})$ 를 얻을 수 있는 가장 낮은 온도는 몇 K 인가?

$$\Delta H = -(2)(-824.2) = 1648.4 \text{ kJ}$$

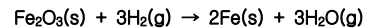
$$\Delta S = (4)(27.28) + (3)(205.03) - 2(87.40) = 549.4 \text{ J/K}$$

$$\text{자발적 과정에서 } \Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0 \text{ 이므로}$$

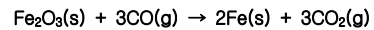
$$T > \Delta H/\Delta S = (1648.4 \text{ kJ}) / (549.4 \text{ J/K}) = 3000 \text{ K}$$

$$T = \underline{3000} \text{ K}$$

(b) $\text{H}_2(\text{g})$ 를 이용하여 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 를 환원시켜 $\text{Fe}(\text{s})$ 를 얻을 수 있다.



위 반응에 의하여 $\text{Fe}(\text{s})$ 를 얻을 수 있는 가장 낮은 온도는 697 K 이다. 또한 $\text{CO}(\text{g})$ 를 이용하여도 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 를 환원시켜 $\text{Fe}(\text{s})$ 를 얻을 수 있다.



위 반응은 모든 온도에서 자발적임을 보이시오.

$$\Delta H = (3)(-393.51) - (-824.2) - (3)(-110.52) = -24.77 \text{ kJ}$$

$$\Delta S = (2)(27.28) + (3)(213.63) - (87.40) - (3)(197.56) = 15.37 \text{ J/K}$$

$$\Delta H < 0, \Delta S > 0 \text{ 이므로}$$

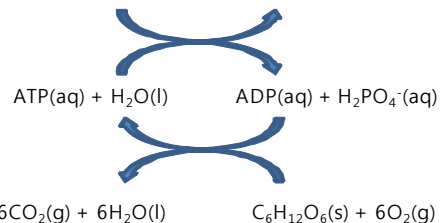
$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \text{ 는 모든 온도에서 항상 음수이다.}$$

따라서 위 반응은 모든 온도에서 자발적이다.

3. (10 + 10 + 10 = 30점) 세포의 신호전달과 생화학적 반응에는 K^+ 이온이 필요하다. 근육 세포에서 K^+ 이온의 농도는 대략 0.15 M 이고, 혈장에서 K^+ 이온의 농도는 약 0.0050 M 이다. 자연스러운 상태에서는 근육 세포에서 K^+ 이온이 혈장으로 이동하여 두 부분에서 K^+ 이온의 농도가 같아지려고 할 것이다. 그러나 우리 몸에서는 ATP(아데노신 삼인산)를 가수분해하여 얻는 에너지를 이용하여 혈장에서 근육 세포로 K^+ 이온을 강제로 이동시켜 근육 세포에서의 높은 K^+ 이온 농도를 유지한다. ATP는 가수분해되면 ADP(아데노신 이인산)이 되는데, 다시 ADP로부터 에너지 저장 물질인 ATP를 만들기 위해서 필요한 에너지는 영양소인 글루코스를 태워서 얻는다(글루코스 대사작용).

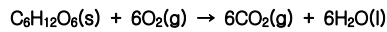
혈장($[\text{K}^+] = 0.0050 \text{ M}$)

근육세포($[\text{K}^+] = 0.15 \text{ M}$)



1 mol의 K^+ 이온을 혈장에서 근육 세포로 이동시키기 위해서는 몇 mol의 글루코스 분자를 태워야 하는 지 다음의 순서로 해결하시오,

(a) 글루코스($C_6H_{12}O_6$) 1 mol을 태울 때 외부에 할 수 있는(또는 외부에 줄 수 있는) 최대한의 일(또는 에너지)는 얼마인가?



화합물	ΔG_f° (kJ/mol)
$C_6H_{12}O_6(s)$	-911
$H_2O(l)$	-237
$CO_2(g)$	-394

ΔG°

$$= (6\text{mol})(-237 \text{ kJ/mol}) + (6\text{mol})(-394 \text{ kJ/mol}) - (1\text{mol})(-911\text{kJ/mol})$$

$$= -2875 \text{ kJ}$$

따라서 글루코스($C_6H_{12}O_6$) 1 mol을 태울 때 외부에 할 수 있는(또는 외부에 줄 수 있는) 최대한의 일(또는 에너지)는 2875 kJ 이다.

2875 kJ

$ATP(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons ADP(aq) + H_2PO_4^-(aq)$ 반응에 대하여 $\Delta G^\circ = -30.5$ kJ/mol 이다.

(b) $K^+(\text{혈장}) \rightleftharpoons K^+(\text{근육세포})$ 의 변화에서 ΔG 를 구하시오. (체온 = 37°C)

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

$$\Delta G^\circ = 0 \text{ 이므로}$$

$$\Delta G = RT \times \ln(Q)$$

$$= RT \times \ln\left(\frac{[K^+(\text{muscle})]}{[K^+(\text{plasma})]}\right)$$

$$= 8.314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)} \times 310. \text{ K} \times \ln\left(\frac{0.15}{0.0050}\right)$$

$$= 8.77 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G = 8.77 \text{ kJ/mol}$$

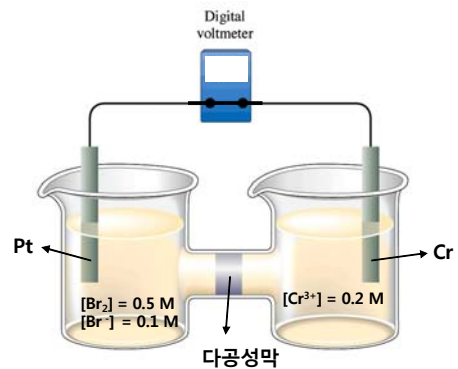
(c) 1 mol의 K^+ 이온을 혈장에서 근육 세포로 이동시키기 위해서는 몇 mol의 글루코스 분자를 태워야 하는가?

1 mol의 K^+ 이온을 혈장에서 근육 세포로 이동시키기 위해서는 8.77 kJ의 일(또는 에너지)가 필요하다. 1 mol의 글루코스 분자가 타면 최대 2875 kJ의 에너지(또는 일)를 발생시키므로 $8.77/2875$ mol의 글루코스 분자를 태우면 된다.

$$8.77/2875 = 3.05 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$$

$$3.05 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

4. (15 + 10 = 25점) 다음의 갈바니 전지가 있다. 물음에 답하시오.



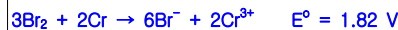
(a) 25°C 에서 위 전지의 기전력은 얼마인가?

표준 환원 전위



따라서 표준상태에서 일어나는 반응과 기전력은

$$(1) \times 3 - (2) \times 2 =$$



Nernst 식으로부터 위 전지의 기전력은

$$E = E^\circ - \frac{0.0591}{n} \log\left(\frac{[Br^-]^6 [Cr^{3+}]^2}{[Br_2]^3}\right)$$

$$= 1.82 \text{ V} - \frac{0.0591}{6} \log\left(\frac{(0.1)^6 (0.2)^2}{(0.5)^3}\right)$$

$$= 1.88 \text{ V}$$

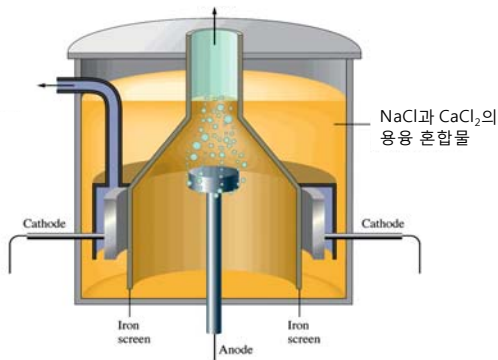
$$1.88 \text{ V}$$

(b) 위 전지에 대한 다음의 기술 중 맞는 것을 모두 고르시오,

- 위 전지는 갈바니 전지이다.
- 전자는 Pt 전극에서 Cr 전극으로 이동한다.
- 환원은 Pt 전극에서 일어난다.
- 위 전지는 표준 상태에 있지 않다.
- 회로가 완성되기 위하여, 다공성막을 통하여 양이온은 오른쪽에서 왼쪽으로 음이온은 왼쪽에서 오른쪽으로 흘러야 한다.

a, c, d, e

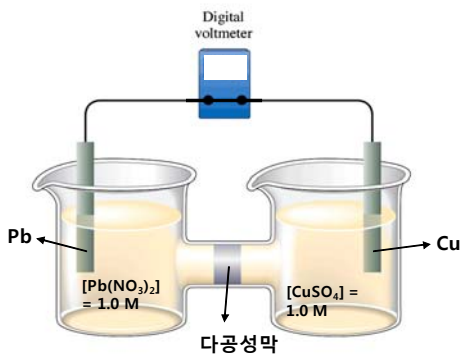
5. (10점) 금속 소듐은 용융된 염화소듐(NaCl)을 전기 분해하여 생산한다. 다음 그림은 이때 사용하는 Downs 전지의 모식도이다. 산화전극(Anode)과 환원전극(Cathode)에서 일어나는 화학 반응을 각각 적으시오, (CaCl₂는 NaCl을 녹이는 데 있어서 녹는점을 낮추기 위하여 첨가한다.)



산화전극: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

환원전극: $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$

6. (10 + 5 = 15점) 다음 그림과 같은 갈바니 전지가 있다. 양쪽 비커에 있는 용액의 부피는 각각 1L 이다.



(a) 25°C에서 위 전지의 기전력은 얼마인가?

표준 환원 전위



따라서 표준상태에서 일어나는 반응과 기전력은

$$(2) - (1) =$$



0.47 V

(b) 양쪽 비커에 각각 1 M의 황산(H₂SO₄) 용액 1 L를 첨가하였을 때 일어나는 현상을 바르게 기술한 것은? (PbSO₄의 K_{sp} = 1.3 x 10⁻⁸)

- 기전력이 감소한다.
- 기전력이 증가한다.
- 기전력의 변화가 없다.
- 알 수 없다.

b

7. (2 x 7 = 14점) 다음 원소들의 전자배치를 써라.

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

8. (5 + 5 + 10 + 10 = 30점) Cl⁻는 Fe 이온과 만나서 정사면체 구조를 가지는 FeCl₄⁻ 착이온을 형성한다. 다음 질문에 답하시오.

(a) FeCl₄⁻의 이름을 쓰시오.

테트라클로로철(III)산, tetrachloroferrate(III)

(b) Fe의 산화수는?

+3

(c) FeCl₄⁻의 구조와 결합을 원자가결합이론(Valence Bond Theory)으로 설명하시오.

다음 그림 1과 같이 Fe³⁺ 이온에서 4s 오비탈 1 개 4p 오비탈 3 개가 혼성하여 sp³ 혼성오비탈 4개를 만든다. 이 4 개의 오비탈은 그림 2와 같이 Fe를 중심으로 정사면체 배열을 한다. 비어 있는 각 sp³ 혼성오비탈과 각 Cl⁻ 리간드의 비공유(고립) 전자쌍이 들어있는 오비탈이 중첩하고 이 중첩된 4개의 오비탈들에 리간드로부터 온 4 쌍의 비공유 전자쌍이 들어가게 되어 정사면체 배위구조를 가지는 FeCl₄⁻ 착이온을 형성한다.

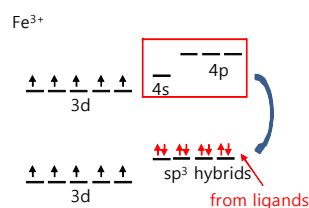


그림 1

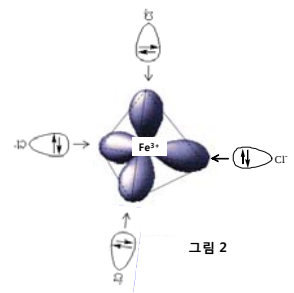


그림 2

(d) 결정장 이론(Crystal Field Model)에 근거하여 FeCl_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 그림 위에 쓰시오.)

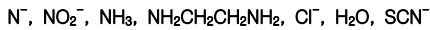
그림

↑↑↑ d_{xy}, d_{yz}, d_{zx} t_2

↑↑ $d_{z^2}, d_{x^2-y^2}$ e

홀전자의 수	5
스핀양자수 (S)	5/2

9. (5 + 5 + 5 + 10 = 25점) 다음의 리간드가 있다.



(a) 위의 리간드 중 금속과 결합할 때 결합 이성질체(linkage isomer)를 만들 수 있는 것을 모두 고르시오.

$\text{NO}_2^-, \text{SCN}^-$

(b) 위의 리간드 중 킬레이트(chelate) 리간드는 어느 것인가?

$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

(c) (b)의 킬레이트 리간드 두 개와 H_2O 두 개가 Fe(II) 이온과 결합하면 팔면체 배위 구조를 가지는 착화합물을 만든다. 가능한 이성질체는 모두 몇 개인가?(구조, 입체(기하, 광학) 모두 포함)

3

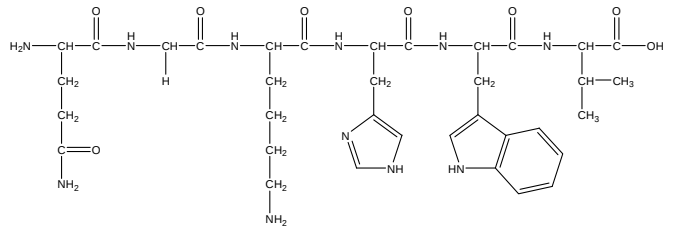
(d) (c)의 이성질체 중에서 광학이성질체가 없는 착화합물의 이름을 쓰고 구조의 그림을 그리시오.(각 리간드에서 어느 원자가 금속에 결합하는 지 정확히 그릴 것)

이름 트랜스-다이아쿠아비스(에틸렌다이아민)철(II)
trans-diaquabis(ethylenediamine)iron(II)

그림

10. (5 + 18 = 23점) (a) 다음은 몇 개의 아미노산이 연결된 펩타이드인가?

6 개



(b) 위의 펩타이드를 구성하는 아미노산의 이름을 1번부터 순서대로 써라.

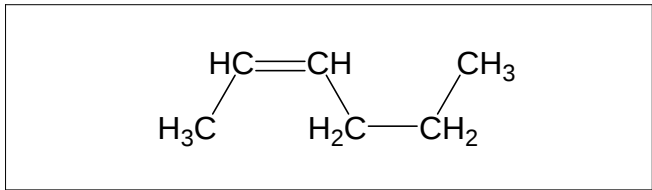
Gln-Gly-Lys-His-Trp-Val
Glutamine-Glycine-Lysine-Histidine-Tryptophane-Valine
글루타민-글리신-라이신-히스티딘-트립토판-발린

11. (5점) 단백질에 열을 가하면 단백질의 2차구조에 있는 수소결합이 끊어져서 변성(denaturation)이 일어난다. 변성의 과정에서 ΔH 와 ΔS 의 부호로 맞는 것은?

	ΔH	ΔS
(a)	양	양
(b)	양	음
(c)	음	양
(d)	음	음
(e)	알 수 없음	

답: (a)

12. (5 + 5 + 10 = 20점) (a) 시스-2-헥센(cis-2-hexene)의 구조를 그리시오.



(b) 시스-2-헥센(cis-2-hexene)의 분자식은 C_6H_x 이다. x 는 어떤 자연수 인가?

12

(c) 시스-2-헥센(cis-2-hexene)과 같은 분자식을 가지나 모든 탄소가 sp^3 혼성오비탈 만을 가지는 탄화수소가 있다. 이 탄화수소의 이름과 두 가지 가능한 이성질체의 그림을 그려라.

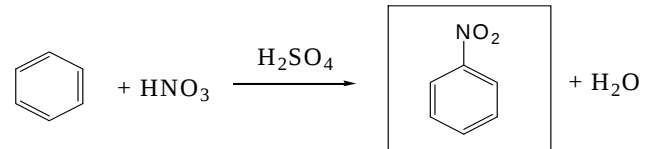
이름 사이클로헥세인(cyclohexane) 등

구조 1 그림

구조 2 그림

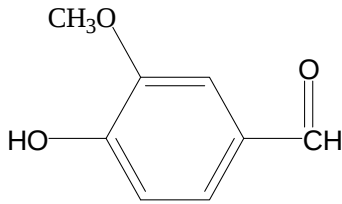
중 2개의 이름과 그림

13. (10점) 다음 반응에서 생성되는 화합물의 구조를 네모안에 그리고, 이름을 쓰시오.



이름: 나이트로벤젠, nitrobenzene

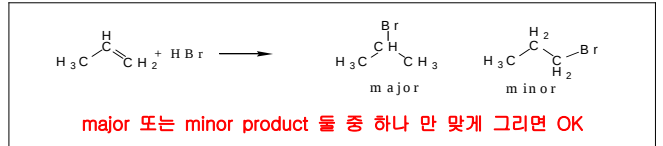
14. (10점) 다음은 바닐린의 구조이다. 바닐린에 존재하는 작용기의 이름을 모두 밝히시오,



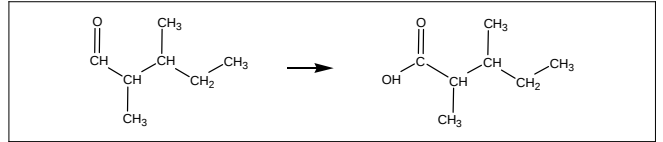
알코올(-OH), 에테르(-O-), 알데하이드(-CHO)
alcohol(-OH), ether(-O-), aldehyde(-CHO)
-OH에 대하여 히드록실기도 OK

15. (5 + 5 = 10점) HCl, HBr은 탄소-탄소 이중 결합을 가지고 있는 탄화수소와 반응하여 첨가반응을 일으킨다. 또한 카복실산은 알데하이드를 산화시켜 얻는다. 다음 반응의 생성물의 구조를 그리시오.

(a) 프로펜(propene) + HBr



(b) 2,3-다이메틸펜탈알(2,3-dimethylpentanal)의 산화



- 상수 -

- R (기체상수) = 0.08206 L·atm/(mol·K) = 8.314 J/(mol·K)
- F (파라데이상수) = 96,485 C/mol

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

Half-Reaction	E° (V)	Half-Reaction	E° (V)
$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$	2.87	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	0.40
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	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		