

NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR KJEMI

EKSAMEN I GENERELL KJEMI, KJ1000

Mandag 23. mai 2011, 09:00 – 14:00

Eksamenssettet består av: Oppgavetekst (2 sider i tillegg til denne) og vedlegg (4 sider)

I vedlegget er gitt periodisk system, oversikt over diverse ligninger, termodynamiske data og standard reduksjonspotensialer. Dessuten er flg. konstanter oppgitt:

$R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, $R = 0,08206 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, $F = 96485 \text{ C/mol}$

Hjelpemidler: Kalkulator (godkjente typer er: Citizen SR-270X eller Hewlett Packard HP30S)

Faglærer og kontakt under eksamen: Kolbjørn Hagen, tlf: 91348136

Sensur: 13. juni 2011

1. a (2p) Balanser følgende reaksjonsligninger:
 $\text{ClO}_4^-(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{ClO}_3^-(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ (sur vannopløsning)
 $\text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{Cr}(\text{OH})_4^-(\text{aq}) \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ (basisk vannopløsning)
- b (1p) Bestem oksydastallet til nitrogen i følgende forbindelser:
 NH_3 , HNO_2 , NO_3^- , N_2O_4 , NH_4^+
- c (2p) Koffein, det stimulerende stoffet vi finner i bl.a. kaffe, te og sjokolade, inneholder 49,48% karbon, 5,15% hydrogen, 28,87% nitrogen og 16,49% oksygen (alt er masseprosent). Hvilken empirisk formel har koffein? Dersom 1,00 g koffein løses i 1,00 L vann ved 25 °C måles et osmotisk trykk på 0,126 atm. Anta at koffein ikke spaltes når det løses. Hva er omtrentlig molar masse, og hva er molekylformelen til koffein?
- d (1p) I 1974 ble grunnstoffet med atomnummer 106 først gang laget. Det fikk senere navnet seaborgium etter Glenn T. Seaborg som oppdaget flere av de nye grunnstoffene. ^{263}Sg ble dannet ved at ^{249}Cf ble bombardert med ^{18}O -kjerner. Samtidig ble det også dannet et antall nøytroner. Skriv en reaksjonsligning for denne prosessen og bestem hvor mange nøytroner som dannes.
- e (2p) Etter tsunamikatastrofen i Japan tidligere i år ble et kjernekraftverk delvis ødelagt, og radioaktivt jod ble spredt i havet utenfor Japan. ^{131}I er et spaltingsprodukt av bl.a. uran. ^{131}I spaltes videre under utsendelse av en β -partikkel. Hvilket grunnstoff dannes ved denne spaltingen? Skriv en reaksjonsligning for spaltingen av jod.
 ^{131}I har en halveringstid på 8,0 dager. Under kjernekraftulykken i Tsjernobyl i 1986 ble radioaktivt cesium spredt over store områder og nådde også Norge. ^{137}Cs har en halveringstid på 30 år. Hvilken betydning mener du disse forskjellene i halveringstider har?
- f(1p) Skriv elektronkonfigurasjonen i grunntilstanden til kalsium. Er kalsium paramagnetisk eller diamagnetisk? Svaret skal begrunnes.
2. a (2p) Beregn pH i en vannopløsning av 0,0010 M eddiksyre (CH_3COOH). Til 1,00 L av denne oppløsningen tilsettes det 0,041 g fast natriumacetat, CH_3COONa . Hva blir pH i oppløsningen nå?
Oppgitt: K_a (eddiksyre) = $1,8 \cdot 10^{-5}$
- b (1p) Forklar hvorfor løseligheten i vann av sølvacetat, CH_3COOAg , er avhengig av pH mens løseligheten av sølvklorid, AgCl , ikke er avhengig av pH. Begge saltene er i utgangspunktet tungt oppløselige i vann.
- c (1p) Hvor mange gram bly(II)klorid løses opp i 5,00 L rent vann?
Oppgitt: K_{sp} (bly(II)klorid) = $1,17 \cdot 10^{-5}$

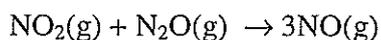
3. En galvanisk celle består av en kopperelektrode i en 0,10 M vannoppløsning av $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (aq) som den ene halvcellen og en tinnelektrode i en 0,50 M vannoppløsning av SnSO_4 (aq) som den andre halvcellen. Halvcellene er forbundet med en saltbru. Temperaturen er 25 °C.

a (2p) Hvilken reaksjon er spontan i cellen og hvilken elektrode er anode?
Beregn cellespenningen for denne cellen

b (1p) Hva er verdien til likevevtskonstanten for cellereaksjonen?

c (1p) Elektrolyse benyttes ofte til å legge et tynt lag av sølv på andre metaller.
Hvor mange gram sølv dannes ved å elektrolysere en oppløsning av AgNO_3 (aq) i nøyaktig en time med en strømstyrke på 0,50 A?

4. Nitrogen kan danne flere ulike oksyder og noen av disse kan reagere med hverandre:

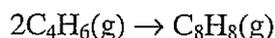


a (2p) Er entropiendringen (ΔS°) for denne reaksjonen positiv eller negativ?
Svaret skal begrunnes. Kontroller svaret ditt ved å beregne ΔS°

b (1p) Bestem om dette er en endoterm eller eksoterm reaksjon ved å beregne ΔH° for denne reaksjonen.

c (2p) Anta at ΔS° og ΔH° er uavhengig av temperaturen. Er dette en spontan prosess ved 500 °C? Svaret skal begrunnes.
Beregn likevevtskonstanten, K_p , for reaksjonen ved 727 °C.

5. Butadien, C_4H_6 , danner en dimer etter følgende reaksjon:



Konsentrasjonen av butadien måles ved ulike tidspunkt ved 25 °C og en finner:

Tid (s)	0	1000	1800	2800	4400
$[\text{C}_4\text{H}_6]$ (M)	0,0100	0,00625	0,00476	0,00370	0,00270

a (2p) Hvilken reaksjonsorden følger denne reaksjonen, hvilken verdi har fartskonstanten, k , og hva er halveringstiden for dimeriseringen?

b (1p) Hvor lang tid tar det før mengde butadien er redusert til 0,00100 M?

c (1p) Aktiveringsenergien, E_a , til reaksjonen måles til 125,0 kJ/mol.
Hvilken verdi har fartskonstanten for reaksjonen, k , ved 35 °C?

Main groups		Transition metals										Main groups																																																																																																																																																																																																	
1A ^a		2A		Transition metals										3A		4A		5A		6A		7A		8A																																																																																																																																																																																					
1	1	2	2	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	18	18																																																																																																																																																																																							
1	H 1.008	2	He 4.003	3	Li 6.941	4	Be 9.012	5	B 10.81	6	C 12.01	7	N 14.01	8	O 16.00	9	F 19.00	10	Ne 20.18	11	Na 22.99	12	Mg 24.31	13	Al 26.98	14	Si 28.09	15	P 30.97	16	S 32.07	17	Cl 35.45	18	Ar 39.95	19	K 39.10	20	Ca 40.08	21	Sc 44.96	22	Ti 47.87	23	V 50.94	24	Cr 52.00	25	Mn 54.94	26	Fe 55.85	27	Co 58.93	28	Ni 58.69	29	Cu 63.55	30	Zn 65.38	31	Ga 69.72	32	Ge 72.64	33	As 74.92	34	Se 78.96	35	Br 79.90	36	Kr 83.80	37	Rb 85.47	38	Sr 87.62	39	Y 88.91	40	Zr 91.22	41	Nb 92.91	42	Mo 95.96	43	Tc [98]	44	Ru 101.07	45	Rh 102.91	46	Pd 106.42	47	Ag 107.87	48	Cd 112.41	49	In 114.82	50	Sn 118.71	51	Sb 121.76	52	Te 127.60	53	I 126.90	54	Xe 131.29	55	Cs 132.91	56	Ba 137.33	57	La 138.91	58	Ce 140.12	59	Pr 140.91	60	Nd 144.24	61	Pm [145]	62	Sm 150.36	63	Eu 151.96	64	Gd 157.25	65	Tb 158.93	66	Dy 162.50	67	Ho 164.93	68	Er 167.26	69	Tm 168.93	70	Yb 173.05	71	Lu 174.97	72	Hf 178.49	73	Ta 180.95	74	W 183.84	75	Re 186.21	76	Os 190.23	77	Ir 192.22	78	Pt 195.08	79	Au 196.97	80	Hg 200.59	81	Tl 204.38	82	Pb 207.2	83	Bi 208.98	84	Po [209.98]	85	At [209.99]	86	Rn [222.02]	87	Fr [223.02]	88	Ra [226.03]	89	Ac [227.03]	90	Th 232.04	91	Pa 231.04	92	U 238.03	93	Np [237.05]	94	Pu [244.06]	95	Am [243.06]	96	Cm [247.07]	97	Bk [247.07]	98	Cf [251.08]	99	Es [252.08]	100	Fm [257.10]	101	Md [258.10]	102	No [259.10]	103	Lr [262.11]
Lanthanide series		Actinide series																																																																																																																																																																																																											

^aThe labels on top (1A, 2A, etc.) are common American usage. The labels below these (1, 2, etc.) are those recommended by the International Union of Pure and Applied Chemistry.

The names and symbols for elements 112 and above have not yet been decided.

Atomic masses in brackets are the masses of the longest-lived or most important isotope of radioactive elements.

*Element 112 has a proposed name of Copernicium which is, at the time of this publication, under review by IUPAC.

Selected Key Equations

Density (1.6)

$$d = \frac{m}{V}$$

Solution Dilution (4.4)

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

Ideal Gas Law (5.4)

$$PV = nRT$$

Dalton's Law (5.6)

$$P_{\text{total}} = P_a + P_b + P_c + \dots$$

Mole Fraction (5.6)

$$\chi_a = \frac{n_a}{n_{\text{total}}}$$

Average Kinetic Energy (5.8)

$$KE_{\text{avg}} = \frac{3}{2} RT$$

Root Mean Square Velocity (5.8)

$$u_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Effusion (5.9)

$$\frac{\text{rate A}}{\text{rate B}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

Van der Waals Equation (5.10)

$$\left[P + a \left(\frac{n}{V} \right)^2 \right] \times [V - nb] = nRT$$

Kinetic Energy (6.2)

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

Internal Energy (6.3)

$$\Delta E = q + w$$

Heat Capacity (6.4)

$$q = m \times C_s \times \Delta T$$

Pressure-Volume Work (6.4)

$$w = -P \Delta V$$

Change in Enthalpy (6.6)

$$\Delta H = \Delta E + P \Delta V$$

Standard Enthalpy of Reaction (6.9)

$$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} = \sum n_p \Delta H_f^{\circ} (\text{products}) - \sum n_r \Delta H_f^{\circ} (\text{reactants})$$

Frequency and Wavelength (7.2)

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

Energy of a Photon (7.2)

$$E = h\nu$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

De Broglie Relation (7.4)

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Heisenberg's Uncertainty Principle (7.4)

$$\Delta x \times m \Delta v \geq \frac{h}{4\pi}$$

Energy of Hydrogen Atom Levels (7.5)

$$E_n = -2.18 \times 10^{-18} \text{ J} \left(\frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

Coulomb's Law (8.3)

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

Dipole Moment (9.6)

$$\mu = qr$$

Clausius–Clapeyron Equation (11.5)

$$\ln P_{\text{vap}} = \frac{-\Delta H_{\text{vap}}}{RT} + \ln \beta$$

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

Henry's Law (12.4)

$$S_{\text{gas}} = k_H P_{\text{gas}}$$

Raoult's Law (12.6)

$$P_{\text{solution}} = \chi_{\text{solvent}} P_{\text{solvent}}^{\circ}$$

Freezing Point Depression (12.6)

$$\Delta T_f = m \times K_f$$

Boiling Point Elevation Constant (12.6)

$$\Delta T_b = m \times K_b$$

Osmotic Pressure (12.6)

$$\Pi = MRT$$

The Rate Law (13.3)

$$\text{Rate} = k[A]^n \quad (\text{single reactant})$$

$$\text{Rate} = k[A]^m[B]^n \quad (\text{multiple reactants})$$

Integrated Rate Laws and Half-Life (13.4)

Order	Integrated Rate Law	Half-Life Expression
0	$[A]_t = -kt + [A]_0$	$t_{1/2} = \frac{[A]_0}{2k}$
1	$\ln[A]_t = -kt + \ln[A]_0$	$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$
2	$\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0}$	$t_{1/2} = \frac{1}{k[A]_0}$

Arrhenius Equation (13.5)

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T} \right) + \ln A \quad (\text{linearized form})$$

$$k = p z e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (\text{collision theory})$$

K_c and K_p (14.4)

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

pH Scale (15.5)

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

Henderson–Hasselbalch Equation (16.2)

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{base}]}{[\text{acid}]}$$

Entropy (17.3)

$$S = k \ln W$$

Change in the Entropy of the Surroundings (17.4)

$$\Delta S_{\text{surr}} = \frac{-\Delta H_{\text{sys}}}{T}$$

Change in Gibbs Free Energy (17.5)

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

The Change in Free Energy: Nonstandard Conditions (17.8)

$$\Delta G_{\text{rxn}} = \Delta G_{\text{rxn}}^{\circ} + RT \ln Q$$

$\Delta G_{\text{rxn}}^{\circ}$ and K (17.9)

$$\Delta G_{\text{rxn}}^{\circ} = -RT \ln K$$

Temperature Dependence of the Equilibrium Constant (17.9)

$$\ln K = -\frac{\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ}}{R} \left(\frac{1}{T} \right) + \frac{\Delta S_{\text{rxn}}^{\circ}}{R}$$

ΔG° and E_{cell}° (18.5)

$$\Delta G^{\circ} = -nF E_{\text{cell}}^{\circ}$$

E_{cell}° and K (18.5)

$$E_{\text{cell}}^{\circ} = \frac{0.0592 \text{ V}}{n} \log K$$

Nernst Equation (18.6)

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^{\circ} - \frac{0.0592 \text{ V}}{n} \log Q$$

Einstein's Energy-Mass Equation (19.8)

$$E = mc^2$$

Substance	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol · K)	Substance	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol · K)
MnO ₂ (s)	-520.0	-465.1	53.1	H ₂ O(l)	-285.8	-237.1	70.0
MnO ₄ ⁻ (aq)	-529.9	-436.2	190.6	H ₂ O(g)	-241.8	-228.6	188.8
<i>Mercury</i>				H ₂ O ₂ (l)	-187.8	-120.4	109.6
Hg(l)	0	0	75.9	H ₂ O ₂ (g)	-136.3	-105.6	232.7
Hg(g)	61.4	31.8	175.0	<i>Phosphorus</i>			
Hg ²⁺ (aq)	170.21	164.4	-36.19	P(s, white)	0	0	41.1
Hg ₂ ²⁺ (aq)	166.87	153.5	65.74	P(s, red)	-17.6	-12.1	22.8
HgCl ₂ (s)	-224.3	-178.6	146.0	P(g)	316.5	280.1	163.2
HgO(s)	-90.8	-58.5	70.3	P ₂ (g)	144.0	103.5	218.1
HgS(s)	-58.2	-50.6	82.4	P ₄ (g)	58.9	24.4	280.0
Hg ₂ Cl ₂ (s)	-265.4	-210.7	191.6	PCl ₃ (l)	-319.7	-272.3	217.1
<i>Nickel</i>				PCl ₃ (g)	-287.0	-267.8	311.8
Ni(s)	0	0	29.9	PCl ₅ (s)	-443.5		
Ni(g)	429.7	384.5	182.2	PCl ₅ (g)	-374.9	-305.0	364.6
NiCl ₂ (s)	-305.3	-259.0	97.7	PF ₅ (g)	-1594.4	-1520.7	300.8
NiO(s)	-239.7	-211.7	37.99	PH ₃ (g)	5.4	13.5	210.2
NiS(s)	-82.0	-79.5	53.0	POCl ₃ (l)	-597.1	-520.8	222.5
<i>Nitrogen</i>				POCl ₃ (g)	-558.5	-512.9	325.5
N(g)	472.7	455.5	153.3	PO ₄ ³⁻ (aq)	-1277.4	-1018.7	-220.5
N ₂ (g)	0	0	191.6	HPO ₄ ²⁻ (aq)	-1292.1	-1089.2	-33.5
NF ₃ (g)	-132.1	-90.6	260.8	H ₂ PO ₄ ⁻ (aq)	-1296.3	-1130.2	90.4
NH ₃ (g)	-45.9	-16.4	192.8	H ₃ PO ₄ (s)	-1284.4	-1124.3	110.5
NH ₃ (aq)	-80.29	-26.50	111.3	H ₃ PO ₄ (aq)	-1288.3	-1142.6	158.2
NH ₄ ⁺ (aq)	-133.26	-79.31	111.17	P ₄ O ₆ (s)	-1640.1		
NH ₄ Br(s)	-270.8	-175.2	113.0	P ₄ O ₁₀ (s)	-2984	-2698	228.9
NH ₄ Cl(s)	-314.4	-202.9	94.6	<i>Platinum</i>			
NH ₄ CN(s)	0.4			Pt(s)	0	0	41.6
NH ₄ F(s)	-464.0	-348.7	72.0	Pt(g)	565.3	520.5	192.4
NH ₄ HCO ₃ (s)	-849.4	-665.9	120.9	<i>Potassium</i>			
NH ₄ I(s)	-201.4	-112.5	117.0	K(s)	0	0	64.7
NH ₄ NO ₃ (s)	-365.6	-183.9	151.1	K(g)	89.0	60.5	160.3
NH ₄ NO ₃ (aq)	-339.9	-190.6	259.8	K ⁺ (aq)	-252.14	-283.3	101.2
HNO ₃ (g)	-133.9	-73.5	266.9	KBr(s)	-393.8	-380.7	95.9
HNO ₃ (aq)	-207	-110.9	146	KCN(s)	-113.0	-101.9	128.5
NO(g)	91.3	87.6	210.8	KCl(s)	-436.5	-408.5	82.6
NO ₂ (g)	33.2	51.3	240.1	KClO ₃ (s)	-397.7	-296.3	143.1
NO ₃ ⁻ (aq)	-206.85	-110.2	146.70	KClO ₄ (s)	-432.8	-303.1	151.0
NOBr(g)	82.2	82.4	273.7	KF(s)	-567.3	-537.8	66.6
NOCl(g)	51.7	66.1	261.7	KI(s)	-327.9	-324.9	106.3
N ₂ H ₄ (l)	50.6	149.3	121.2	KNO ₃ (s)	-494.6	-394.9	133.1
N ₂ H ₄ (g)	95.4	159.4	238.5	KOH(s)	-424.6	-379.4	81.2
N ₂ O(g)	81.6	103.7	220.0	KOH(aq)	-482.4	-440.5	91.6
N ₂ O ₄ (l)	-19.5	97.5	209.2	KO ₂ (s)	-284.9	-239.4	116.7
N ₂ O ₄ (g)	11.1	99.8	304.4	K ₂ CO ₃ (s)	-1151.0	-1063.5	155.5
N ₂ O ₅ (s)	-43.1	113.9	178.2	K ₂ O(s)	-361.5	-322.1	94.14
N ₂ O ₅ (g)	13.3	117.1	355.7	K ₂ O ₂ (s)	-494.1	-425.1	102.1
<i>Oxygen</i>				K ₂ SO ₄ (s)	-1437.8	-1321.4	175.6
O(g)	249.2	231.7	161.1	<i>Rubidium</i>			
O ₂ (g)	0	0	205.2	Rb(s)	0	0	76.8
O ₃ (g)	142.7	163.2	238.9	Rb(g)	80.9	53.1	170.1
OH ⁻ (aq)	-230.02	-157.3	-10.90	Rb ⁺ (aq)	-251.12	-283.1	121.75

D. Standard Electrode Potentials at 25 °C

Half-Reaction	E° (V)	Half-Reaction	E° (V)
$F_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2F^-(aq)$	2.87	$BiO^+(aq) + 2H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow Bi(s) + H_2O(l)$	0.32
$O_3(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow O_2(g) + H_2O(l)$	2.08	$Hg_2Cl_2(s) + 2e^- \longrightarrow 2Hg(l) + 2Cl^-(aq)$	0.27
$Ag^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow Ag^+(aq)$	1.98	$AgCl(s) + e^- \longrightarrow Ag(s) + Cl^-(aq)$	0.22
$Co^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Co^{2+}(aq)$	1.82	$SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2SO_3(aq) + H_2O(l)$	0.20
$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$	1.78	$Cu^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow Cu^+(aq)$	0.16
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$	1.69	$Sn^{4+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sn^{2+}(aq)$	0.15
$MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$	1.68	$S(s) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2S(g)$	0.14
$2HClO(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Cl_2(g) + 2H_2O(l)$	1.61	$AgBr(s) + e^- \longrightarrow Ag(s) + Br^-(aq)$	0.071
$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$	1.51	$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$	0.00
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Au(s)$	1.50	$Fe^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Fe(s)$	-0.036
$2BrO_3^-(aq) + 12H^+(aq) + 10e^- \longrightarrow Br_2(l) + 6H_2O(l)$	1.48	$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb(s)$	-0.13
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$	1.46	$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sn(s)$	-0.14
$Cl_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$	1.36	$AgI(s) + e^- \longrightarrow Ag(s) + I^-(aq)$	-0.15
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$	1.33	$N_2(g) + 5H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow N_2H_5^+(aq)$	-0.23
$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$	1.23	$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ni(s)$	-0.23
$MnO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$	1.21	$Co^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Co(s)$	-0.28
$IO_3^-(aq) + 6H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow \frac{1}{2}I_2(aq) + 3H_2O(l)$	1.20	$PbSO_4(s) + 2e^- \longrightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$	-0.36
$Br_2(l) + 2e^- \longrightarrow 2Br^-(aq)$	1.09	$Cd^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cd(s)$	-0.40
$AuCl_4^-(aq) + 3e^- \longrightarrow Au(s) + 4Cl^-(aq)$	1.00	$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$	-0.45
$VO_2^+(aq) + 2H^+(aq) + e^- \longrightarrow VO^{2+}(aq) + H_2O(l)$	1.00	$2CO_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2C_2O_4(aq)$	-0.49
$HNO_2(aq) + H^+(aq) + e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$	0.98	$Cr^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Cr^{2+}(aq)$	-0.50
$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$	0.96	$Cr^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Cr(s)$	-0.73
$ClO_2(g) + e^- \longrightarrow ClO_2^-(aq)$	0.95	$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Zn(s)$	-0.76
$2Hg^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Hg_2^{2+}(aq)$	0.92	$2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	-0.83
$Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$	0.80	$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Mn(s)$	-1.18
$Hg_2^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Hg(l)$	0.80	$Al^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Al(s)$	-1.66
$Fe^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(aq)$	0.77	$H_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2H^-(aq)$	-2.23
$PtCl_4^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow Pt(s) + 4Cl^-(aq)$	0.76	$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Mg(s)$	-2.37
$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2O_2(aq)$	0.70	$La^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow La(s)$	-2.38
$MnO_4^-(aq) + e^- \longrightarrow MnO_4^{2-}(aq)$	0.56	$Na^+(aq) + e^- \longrightarrow Na(s)$	-2.71
$I_2(s) + 2e^- \longrightarrow 2I^-(aq)$	0.54	$Ca^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ca(s)$	-2.76
$Cu^+(aq) + e^- \longrightarrow Cu(s)$	0.52	$Ba^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ba(s)$	-2.90
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$	0.40	$K^+(aq) + e^- \longrightarrow K(s)$	-2.92
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$	0.34	$Li^+(aq) + e^- \longrightarrow Li(s)$	-3.04

E. Vapor Pressure of Water at Various Temperatures

T (°C)	P (torr)						
0	4.58	21	18.65	35	42.2	92	567.0
5	6.54	22	19.83	40	55.3	94	610.9
10	9.21	23	21.07	45	71.9	96	657.6
12	10.52	24	22.38	50	92.5	98	707.3
14	11.99	25	23.76	55	118.0	100	760.0
16	13.63	26	25.21	60	149.4	102	815.9
17	14.53	27	26.74	65	187.5	104	875.1
18	15.48	28	28.35	70	233.7	106	937.9
19	16.48	29	30.04	80	355.1	108	1004.4
20	17.54	30	31.82	90	525.8	110	1074.6