NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR KJEMI

NYNORSK

EKSAMEN I GENERELL KJEMI, KJ1000
Torsdag 10. desember 2009, 09:00 – 15:00

Eksamenssettet er samansatt av: Oppgåvetekst (2 sider i tillegg til denne) og vedlegg (4 sider)

I vedlegget er periodisk system, oversikt over diverse likningar, termodynamiske data og standard reduksjonspotensiale. I tillegg er følgjande konstantar oppgitt: R = 8.314 J/mol·K, R = 0.08206 L·atm/mol·K, F = 96485 C/mol

Hjelpemeddel: Kalkulator (og om ønskeleg molekylmodellar)

Faglig kontakt under eksamen: Kolbjørn Hagen, tlf: 91348136 (mobil) eller 73596223

Sensur: 7. januar 2010

1. a (1p) Elektrona i eit atom er karakteriserte av eit sett kvantetall. Kva for kvantetall er dette, og kva for reglar gjeld for dei verdiane desse kvantetalla kan ha?

b (2p) Atoma til et grunnstoff i nøytral tilstand har følgjande elektron-konfigurasjon:

$$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$$

Kor mange proton inneheld kjerna til atoma i dette grunnstoffet, og kva for grunnstoff er det? Kor mange upara elektron har slike atom i grunntilstanden? Er dette eit paramagnetisk eller diamagnetisk grunnstoff?

c (2p) Angi kva for grunnstoff som vert danna ved følgjande radioaktive prosessar. Skriv reaksjonslikningar for prosessane:

1. Gull-185 sender ut ein α-partikkel
2. Nitrogen-14 kolliderar med eit nøytron som blir teke opp, og den ustabile kjernen sender ut eit proton

d (1p) Kva for oksydasjonstall har grunnstoffa i følgjande molekyl?

HCl, $HClO_3$, O_2, NH_3

Kva for norske namn har desse molekyla?

e (2p) Balanser følgjande reaksjonslikningar:

$MnO_4^-(aq) + H_2O_2(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + O_2(g)$ (sur vannløysing)

$NO_2^-(aq) + Al(s) \rightarrow NH_3(aq) + AlO_2^-(aq)$ (basisk vannløysing)

f (3p) Bruk VSEPR-teorien til å grunngje kva for geometri følgjande molekyl har:

BrF_3, XeF_4

Vil nokon av desse molekyla ha eit dipolmoment? Grunngje svaret.

g (3p) 1. Den aktive bestanddelen i marihuana er tetrahydrocannabinol. Ved analyse viser ein prøve seg å innehalde 8.070 g karbon, 0.968 g hydrogen og 1.024 g oksygen. Kva er stoffet sin empiriske formel?

2. Ei vannløysing på 100.0 mL med 2.00 gram av stoffet gjev ved 25 °C eit osmotisk trykk på 1.56 atm. Kva for molarmasse svarer dette til, og kva er molekylformelen til tetrahydrocannabinol?

2. a (2p) Kva for pH-verdi vil ei 0.200 M vannløysing av HNO_2 ha?
Kva er det norske namnet til denne syra? (oppgitt: $K_a(HNO_2) = 4.6 \cdot 10^{-4}$)

b (2p) Til 100.0 mL av HNO_2-løysinga tilset ein 0.700 g fast $NaNO_2$.
Kva for type løysing er dette, og kva blir løysinga sin pH-verdi no?
Kva er det norske namnet til $NaNO_2$?

3. Ei galvanisk celle består av ein platinaelektrode i ei sur vannløysing av 0.600 M $Fe(NO_3)_3$ og 0.0100 M $Fe(NO_3)_2$ som den eine halvcella og ein nikkelelektrode i ei sur vannløysing av 1.00 M $Ni(NO_3)_2$ som den andre halvcella. Halvcellene er knytte saman med ei saltbru, og temperaturen er 25 °C.

a (2p) Skriv reaksjonslikninga for den cellereaksjonen som er spontan under desse forholda. Kva er cellespenninga og kva for elektrode er andode?

b (1p) Rekn ut ΔG^o og jamvektskonstanten sin verdi ved 25 °C for cellereaksjonen frå elektrokjemiske data.

4. Ammoniakk kan verta laga etter følgjande reaksjon

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

a (3p) Er ΔS^o for denne reaksjonen positiv eller negativ? Grunngje svaret. Rekn ut ΔS^o, ΔH^o og ΔG^o for reaksjonen frå termodynamiske data. (oppgitt: $S^o(H_2(g)) = 130.7$ J/mol·K)

b (2p) Rekn ut jamvektskonstanten for reaksjonen ved 25 °C og ved 200 °C. Kva må ein anta for å gjere desse berekningane?

c (2p) Når ammoniakk vert laga industrielt brukar ein katalysator. Kva er føremålet med ein slik katalysator, og på kva måte verkar katalysatoren inn på verdien til jamvektskonstanten?
På kva måte vil ei auke av totaltrykket eller ei auke av temperaturen verka inn på likevektsposisjonen til denne reaksjonen?

5. Rørsukker vert spalta i ei sur løysing til glukose og fruktose. I eit eksperiment målte ein følgjande ved 25 °C:

tid (min.):	0	10	23	44	62
kons. av rørsukker (M):	0.500	0.438	0.369	0.279	0.220

a (2p) Er dette ein første ordens eller ein andre ordens reaksjon? Grunngje svaret. Kva er verdien til fartskonstanten, k.

b (2p) Kva er halveringstida til reaksjonen og kor lang tid tar det før 95 % av rørsukkeret er spalta?

Selected Key Equations

Density (1.6)
$d = \frac{m}{V}$

Solution Dilution (4.4)
$M_1V_1 = M_2V_2$

Ideal Gas Law (5.4)
$PV = nRT$

Dalton's Law (5.6)
$P_{total} = P_a + P_b + P_c + \ldots$

Mole Fraction (5.6)
$X_a = \frac{n_a}{n_{total}}$

Average Kinetic Energy (5.8)
$KE_{avg} = \frac{3}{2}RT$

Root Mean Square Velocity (5.8)
$u_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{\mathcal{M}}}$

Effusion (5.9)
$\frac{\text{rate A}}{\text{rate B}} = \sqrt{\frac{\mathcal{M}_B}{\mathcal{M}_A}}$

Van der Waals Equation (5.10)
$\left[P + a\left(\frac{n}{V}\right)^2\right] \times [V - nb] = nRT$

Kinetic Energy (6.1)
$KE = \frac{1}{2}mv^2$

Internal Energy (6.2)
$\Delta E = q + w$

Heat Capacity (6.3)
$q = m \times C_s \times \Delta T$

Pressure-Volume Work (6.3)
$w = -P\Delta V$

Change in Enthalpy (6.5)
$\Delta H = \Delta E + P\Delta V$

Standard Enthalpy of Reaction (6.8)
$\Delta H^\circ_{rxn} = \sum n_p \Delta H^\circ_f \text{ (products)} - \sum n_r \Delta H^\circ_f \text{ (reactants)}$

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

Coulomb's Law (9.2)
$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}\frac{q_1q_2}{r}$

Dipole Moment (9.6)
$\mu = qr$

Clausius-Clapeyron Equation (11.5)
$\ln P_{vap} = \frac{-\Delta H_{vap}}{RT} + \ln \beta$

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

Henry's Law (12.4)
$S_{gas} = k_H P_{gas}$

Raoult's Law (12.6)
$P_{solution} = X_{solvent}P^\circ_{solvent}$

Freezing Point Depression (12.7)
$\Delta T_f = m \times K_f$

Boiling Point Elevation Constant (12.7)
$\Delta T_b = m \times K_b$

Osmotic Pressure (12.7)
$\Pi = MRT$

The Rate Law (13.3)
$\text{Rate} = k[A]^n$ (single reactant)
$\text{Rate} = k[A]^m[B]^n$ (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)
$k = A\,e^{\frac{-E_a}{RT}}$
$\ln k = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$ (linearized form)
$k = p\,z\,e^{\frac{-E_a}{RT}}$ (collision theory)

K_c and K_p (14.4)
$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

pH Scale (15.5)
$pH = -\log[H_3O^+]$

Henderson-Hasselbalch Equation (16.2)
$pH = pK_a + \log\frac{[\text{base}]}{[\text{acid}]}$

Entropy (17.3)
$S = k \ln W$

Change in the Entropy of the Surroundings (17.4)
$\Delta S_{surr} = \frac{-\Delta H_{sys}}{T}$

Change in Gibb's Free Energy (17.5)
$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

The Change in Free Energy: Nonstandard Conditions (17.8)
$\Delta G_{rxn} = \Delta G^\circ_{rxn} + RT \ln Q$

ΔG°_{rxn} and K (17.9)
$\Delta G^\circ_{rxn} = -RT \ln K$

Temperature Dependence of the Equilibrium Constant (17.9)
$\ln K = -\frac{\Delta H^\circ_{rxn}}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + \frac{\Delta S^\circ_{rxn}}{R}$

ΔG° and E°_{cell} (18.5)
$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$

E°_{cell} and K (18.5)
$E^\circ_{cell} = \frac{0.0592\text{ V}}{n}\log K$

Nernst Equation (18.6)
$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0592\text{ V}}{n}\log Q$

Einstein's Energy-Mass Equation (19.8)
$E = mc^2$

Metals | Metalloids | Nonmetals

	Main groups 1A[a] 1	2A 2	Transition metals 3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8	8B 9	8B 10	1B 11	2B 12	3A 13	4A 14	5A 15	6A 16	7A 17	8A 18
1	1 H 1.008																	2 He 4.003
2	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
3	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
4	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 65.41	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	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
6	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	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 [208.98]	85 At [209.99]	86 Rn [222.02]
7	87 Fr [223.02]	88 Ra [226.03]	89 Ac [227.03]	104 Rf [261.11]	105 Db [262.11]	106 Sg [266.12]	107 Bh [264.12]	108 Hs [269.13]	109 Mt [268.14]	110 Ds [271]	111 Rg [272]	112 [277]		114 [289]		116 [292]		

Lanthanide series	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 173.04	71 Lu 174.97
Actinide series	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]

[a] The 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.

Substance	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol · K)
$Hg^{2+}(aq)$	170.21	164.4	−36.19
$Hg_2^{2+}(aq)$	166.87	153.5	65.74
$HgCl_2(s)$	−224.3	−178.6	146.0
$HgO(s)$	−90.8	−58.5	70.3
$HgS(s)$	−58.2	−50.6	82.4
$Hg_2Cl_2(s)$	−265.4	−210.7	191.6
Nickel			
$Ni(s)$	0	0	29.9
$Ni(g)$	429.7	384.5	182.2
$NiCl_2(s)$	−305.3	−259.0	97.7
$NiO(s)$	−239.7	−211.7	37.99
$NiS(s)$	−82.0	−79.5	53.0
Nitrogen			
$N(g)$	472.7	455.5	153.3
$N_2(g)$	0	0	191.6
$NF_3(g)$	−132.1	−90.6	260.8
$NH_3(g)$	−45.9	−16.4	192.8
$NH_3(aq)$	−80.29	−26.50	111.3
$NH_4^+(aq)$	−133.26	−79.31	111.17
$NH_4Br(s)$	−270.8	−175.2	113.0
$NH_4Cl(s)$	−314.4	−202.9	94.6
$NH_4CN(s)$	0.4		
$NH_4F(s)$	−464.0	−348.7	72.0
$NH_4HCO_3(s)$	−849.4	−665.9	120.9
$NH_4I(s)$	−201.4	−112.5	117.0
$NH_4NO_3(s)$	−365.6	−183.9	151.1
$NH_4NO_3(aq)$	−339.9	−190.6	259.8
$HNO_3(g)$	−133.9	−73.5	266.9
$HNO_3(aq)$	−207	−110.9	146
$NO(g)$	91.3	87.6	210.8
$NO_2(g)$	33.2	51.3	240.1
$NO_3^-(aq)$	−206.85	−110.2	146.70
$NOBr(g)$	82.2	82.4	273.7
$NOCl(g)$	51.7	66.1	261.7
$N_2H_4(l)$	50.6	149.3	121.2
$N_2H_4(g)$	95.4	159.4	238.5
$N_2O(g)$	81.6	103.7	220.0
$N_2O_4(l)$	−19.5	97.5	209.2
$N_2O_4(g)$	11.1	99.8	304.4
$N_2O_5(s)$	−43.1	113.9	178.2
$N_2O_5(g)$	13.3	117.1	355.7
Oxygen			
$O(g)$	249.2	231.7	161.1
$O_2(g)$	0	0	205.2
$O_3(g)$	142.7	163.2	238.9
$OH^-(aq)$	−230.02	−157.3	−10.90
$H_2O(l)$	−285.8	−237.1	70.0
$H_2O(g)$	−241.8	−228.6	188.8
$H_2O_2(l)$	−187.8	−120.4	109.6
$H_2O_2(g)$	−136.3	−105.6	232.7

Substance	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol · K)
Phosphorus			
$P(s, \text{white})$	0	0	41.1
$P(s, \text{red})$	−17.6	−12.1	22.8
$P(g)$	316.5	280.1	163.2
$P_2(g)$	144.0	103.5	218.1
$P_4(g)$	58.9	24.4	280.0
$PCl_3(l)$	−319.7	−272.3	217.1
$PCl_3(g)$	−287.0	−267.8	311.8
$PCl_5(s)$	−443.5		
$PCl_5(g)$	−374.9	−305.0	364.6
$PF_5(g)$	−1594.4	−1520.7	300.8
$PH_3(g)$	5.4	13.5	210.2
$POCl_3(l)$	−597.1	−520.8	222.5
$POCl_3(g)$	−558.5	−512.9	325.5
$PO_4^{3-}(aq)$	−1277.4	−1018.7	−220.5
$HPO_4^{2-}(aq)$	−1292.1	−1089.2	−33.5
$H_2PO_4^-(aq)$	−1296.3	−1130.2	90.4
$H_3PO_4(s)$	−1284.4	−1124.3	110.5
$H_3PO_4(aq)$	−1288.3	−1142.6	158.2
$P_4O_6(s)$	−1640.1		
$P_4O_{10}(s)$	−2984	−2698	228.9
Platinum			
$Pt(s)$	0	0	41.6
$Pt(g)$	565.3	520.5	192.4
Potassium			
$K(s)$	0	0	64.7
$K(g)$	89.0	60.5	160.3
$K^+(aq)$	−252.14	−283.3	101.2
$KBr(s)$	−393.8	−380.7	95.9
$KCN(s)$	−113.0	−101.9	128.5
$KCl(s)$	−436.5	−408.5	82.6
$KClO_3(s)$	−397.7	−296.3	143.1
$KClO_4(s)$	−432.8	−303.1	151.0
$KF(s)$	−567.3	−537.8	66.6
$KI(s)$	−327.9	−324.9	106.3
$KNO_3(s)$	−494.6	−394.9	133.1
$KOH(s)$	−424.6	−379.4	81.2
$KOH(aq)$	−482.4	−440.5	91.6
$KO_2(s)$	−284.9	−239.4	116.7
$K_2CO_3(s)$	−1151.0	−1063.5	155.5
$K_2O(s)$	−361.5	−322.1	94.14
$K_2O_2(s)$	−494.1	−425.1	102.1
$K_2SO_4(s)$	−1437.8	−1321.4	175.6
Rubidium			
$Rb(s)$	0	0	76.8
$Rb(g)$	80.9	53.1	170.1
$Rb^+(aq)$	−251.12	−283.1	121.75
$RbBr(s)$	−394.6	−381.8	110.0
$RbCl(s)$	−435.4	−407.8	95.9
$RbClO_3(s)$	−392.4	−292.0	152

D. Standard Reduction Half-Cell Potentials at 25 °C

Half-Reaction	$E°$ (V)
$F_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2F^-(aq)$	2.87
$O_3(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow O_2(g) + H_2O(l)$	2.08
$Ag^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow Ag^+(aq)$	1.98
$Co^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Co^{2+}(aq)$	1.82
$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$	1.78
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$	1.69
$MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$	1.68
$2HClO(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Cl_2(g) + 2H_2O(l)$	1.61
$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$	1.51
$Au^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Au(s)$	1.50
$2BrO_3^-(aq) + 12H^+(aq) + 10e^- \longrightarrow Br_2(l) + 6H_2O(l)$	1.48
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$	1.46
$Cl_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-(aq)$	1.36
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$	1.33
$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$	1.23
$MnO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$	1.21
$IO_3^-(aq) + 6H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow \frac{1}{2}I_2(aq) + 3H_2O(l)$	1.20
$Br_2(l) + 2e^- \longrightarrow 2Br^-(aq)$	1.09
$AuCl_4^-(aq) + 3e^- \longrightarrow Au(s) + 4Cl^-(aq)$	1.00
$VO_2^+(aq) + 2H^+(aq) + e^- \longrightarrow VO^{2+}(aq) + H_2O(l)$	0.99
$HNO_2(aq) + H^+(aq) + e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$	0.98
$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$	0.96
$ClO_2(g) + e^- \longrightarrow ClO_2^-(aq)$	0.95
$2Hg^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Hg_2^{2+}(aq)$	0.92
$Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$	0.80
$Hg_2^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Hg(l)$	0.80
$Fe^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(aq)$	0.77
$PtCl_4^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow Pt(s) + 4Cl^-(aq)$	0.76
$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2O_2(aq)$	0.70
$MnO_4^-(aq) + e^- \longrightarrow MnO_4^{2-}(aq)$	0.56
$I_2(s) + 2e^- \longrightarrow 2I^-(aq)$	0.54
$Cu^+(aq) + e^- \longrightarrow Cu(s)$	0.52
$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$	0.40
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$	0.34
$BiO^+(aq) + 2H^+(aq) + 3e^- \longrightarrow Bi(s) + H_2O(l)$	0.32
$Hg_2Cl_2(s) + 2e^- \longrightarrow 2Hg(l) + 2Cl^-(aq)$	0.27
$AgCl(s) + e^- \longrightarrow Ag(s) + Cl^-(aq)$	0.22
$SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2SO_3(aq) + H_2O(l)$	0.20
$Cu^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow Cu^+(aq)$	0.16
$Sn^{4+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sn^{2+}(aq)$	0.15
$S(s) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2S(g)$	0.14
$AgBr(s) + e^- \longrightarrow Ag(s) + Br^-(aq)$	0.071
$2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$	0.00
$Fe^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Fe(s)$	−0.036
$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb(s)$	−0.13
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Sn(s)$	−0.14
$AgI(s) + e^- \longrightarrow Ag(s) + I^-(aq)$	−0.15
$N_2(g) + 5H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow N_2H_5^+(aq)$	−0.23
$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ni(s)$	−0.23
$Co^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Co(s)$	−0.28
$PbSO_4(s) + 2e^- \longrightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$	−0.36
$Cd^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cd(s)$	−0.40
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Fe(s)$	−0.45
$2CO_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2C_2O_4(aq)$	−0.49
$Cr^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Cr^{2+}(aq)$	−0.50
$Cr^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Cr(s)$	−0.73
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Zn(s)$	−0.76
$2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	−0.83
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Mn(s)$	−1.18
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Al(s)$	−1.66
$H_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2H^-(aq)$	−2.23
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Mg(s)$	−2.37
$La^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow La(s)$	−2.38
$Na^+(aq) + e^- \longrightarrow Na(s)$	−2.71
$Ca^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ca(s)$	−2.76
$Ba^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Ba(s)$	−2.90
$K^+(aq) + e^- \longrightarrow K(s)$	−2.92
$Li^+(aq) + e^- \longrightarrow Li(s)$	−3.04

E. Vapor Pressure of Water at Various Temperatures

T (°C)	P (torr)	T (°C)	P (torr)	T (°C)	P (torr)	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