NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR KJEMI

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

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

I vedlegget er periodisk system, oversikt over diverse ligninger, termodynamiske data og standard reduksjonspotensialer. Dessuten er flg. konstanter oppgitt: R = 8.314 J/mol·K, R = 0.08206 L·atm/mol·K, F = 96485 C/mol

Hjelpemidler: Kalkulator (og om ønskelig molekylmodeller)

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

Sensur: 7. januar 2010

1. a (1p) Elektronene i et atom karakteriseres av et sett kvantetall. Hvilke kvantetall er dette, og hvilke regler gjelder for de verdiene disse kvantetallene kan ha?

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

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

Hvor mange protoner inneholder kjernen til atomene i dette grunnstoffet, og hvilket grunnstoff er det? Hvor mange uparrede elektroner har slike atomer i grunntilstanden? Er dette et paramagnetisk eller diamagnetisk grunnstoff?

c (2p) Angi hvilke grunnstoff som dannes ved følgende radioaktive prosesser. Skriv reaksjonsligninger for prosessene:

1. Gull-185 sender ut en α-partikkel
2. Nitrogen-14 kolliderer med et nøytron som tas opp, og den ustabile kjernen sender ut et proton

d (1p) Hva er oksydasjonstallene til grunnstoffene i følgende molekyler?

HCl, $HClO_3$, O_2, NH_3

Hvilke norske navn har disse forbindelsene?

e (2p) Balanser følgende reaksjonsligninger:

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

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

f (3p) Bruk VSEPR-teorien til å begrunne hvilken geometri følgende molekyler har:

BrF_3, XeF_4

Vil noen av disse molekylene ha et dipolmoment? Begrunn svaret.

g (3p)
1. Den aktive bestanddelen i marihuana er tetrahydrocannabinol. Ved analyse viser en prøve seg å inneholde 8.070 g karbon, 0.968 g hydrogen og 1.024 g oksygen. Hva er stoffets empiriske formel?
2. En vannoppløsning på 100.0 mL med 2.00 gram av stoffet gir ved 25 °C et osmotisk trykk på 1.56 atm. Hvilken molar masse svarer dette til, og hva er molekylformelen til tetrahydrocannabinol?

2. a (2p) Hvilken pH-verdi vil en 0.200 M vannoppløsning av HNO_2 ha? Hva er det norske navnet til denne syren? (oppgitt: $K_a(HNO_2) = 4.6 \cdot 10^{-4}$)

b (2p) Til 100.0 mL av HNO_2-oppløsningen tilsettes 0.700 g fast $NaNO_2$. Hvilken type oppløsning er dette, og hva blir oppløsningens pH-verdi nå? Hva er det norske navnet til $NaNO_2$?

3. En galvanisk celle består av en platinaelektrode i en sur vannoppløsning av 0.600 M $Fe(NO_3)_3$ og 0.0100 M $Fe(NO_3)_2$ som den ene halvcellen og en nikkelelektrode i en sur vannoppløsning av 1.00 M $Ni(NO_3)_2$ som den andre halvcellen. Halvcellene er forbundet med en saltbru, og temperaturen er 25 °C.

a (2p) Skriv reaksjonsligningen for den cellereaksjonen som er spontan under disse forholdene. Hva er cellespenningen og hvilken elektrode er andode?

b (1p) Beregn ΔG^o og likevektskonstantens verdi ved 25 °C for cellereaksjonen fra elektrokjemiske data.

4. Ammoniakk kan framstilles etter følgende reaksjon

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

a (3p) Er ΔS^o for denne reaksjonen positiv eller negativ? Svaret skal begrunnes. Beregn ΔS^o, ΔH^o og ΔG^o for reaksjonen fra termodynamiske data (oppgitt: $S^o(H_2(g)) = 130.7$ J/mol·K)

b (2p) Beregne likevektskonstanten for reaksjonen ved 25 °C og ved 200 °C. Angi eventuelle antagelser du måtte gjøre under beregningene.

c (2p) Når ammoniakk lages industrielt benyttes en katalysator. Hva er hensikten med en slik katalysator, og hvordan påvirker katalysatoren verdien av likevektskonstanten?
Hvordan vil en økning av totaltrykket eller en økning av temperaturen påvirke likevektsposisjonen til denne reaksjonen?

5. Rørsukker spaltes i en sur oppløsning til glukose og fruktose. I et eksperiment måles følgende 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 en første ordens eller en andre ordens reaksjon? Svaret skal begrunnes. Bestem verdien til fartskonstanten, k.

b (2p) Hva er halveringstiden til reaksjonen og hvor lang tid tar det før 95 % av rørsukkeret er spaltet?

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	Main groups 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** 6972	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.

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

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)
$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1q_2}{r}$

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)
$P_{solution} = \chi_{solvent} P^\circ_{solvent}$

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)
$k = pz e^{\frac{-E_a}{RT}}$ (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)
$E = mc^2$

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