1. (6p) Tarkastellaan kennoa, jona kennoreaktio on $2Mn^{3+}(aq) + Zn(s) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + Zn^{2+}(aq)$.

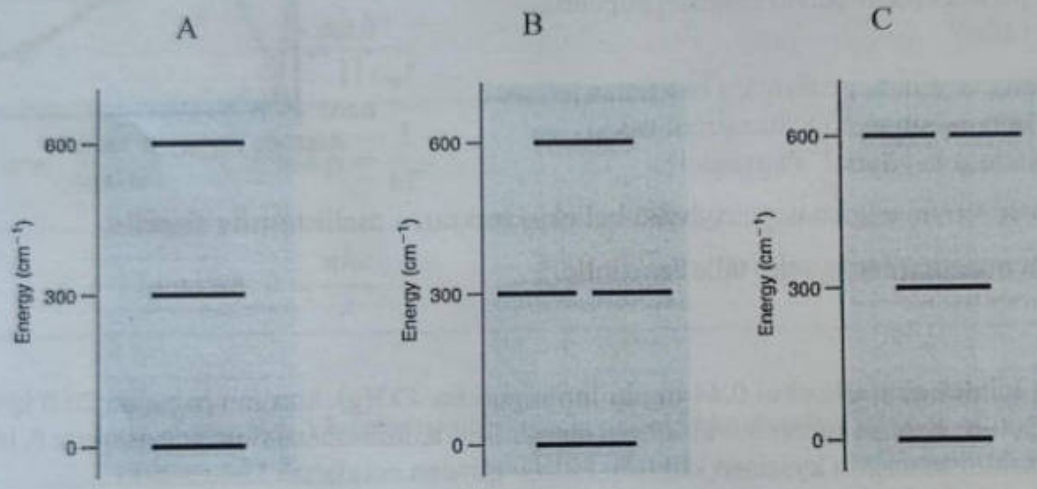
   a) Kirjoita kennon elektrodireaktiot ja laske kennon standardipotentiaali.

   b) Kirjoita kennolle kennokaavio.

   c) Laske kennon kennopotentiaali 298 K lämpötilassa, kun $a_{Mn^{3+}} = 0.200$, $a_{Mn^{2+}} = 0.0150$ ja $a_{Zn^{2+}} = 0.100$.

2. (4p) **a)** Tarkastele alla olevia energiatasodiagrammeja A, B ja C. Millä niistä on suurin jakaumafunktio 500 K lämpötilassa. Perustele laskuin.

   b) Tuloksen pystyy päättelemään suoraan energiatasodiagrammien perusteellä. Miten?



3. (4p) Laske hiilidioksidin, $CO_2(g)$, rotaatiojakaumafunktio q_R ja vibraatiojakumafunktio q_V 1000 K lämpötilassa, kun rotaatiovakio $B = 0.3902\ cm^{-1}$, vibraatiotaajuudet $\tilde{\nu}_1 = 1388\ cm^{-1}$, $\tilde{\nu}_2 = 667.4\ cm^{-1}$ (degeneraatio 2) ja $\tilde{\nu}_3 = 2349\ cm^{-1}$.

4. (6p) **a)** Laske elektroninen jakaumafunktio piille (Si) 298 K lämpötilassa. Piin elektronisten tasojen energiat ja niiden degeneraatiot on annettu alla olevassa taulukossa.

$\tilde{\nu}$ (cm^{-1})	g
0	1
77.1	3
223.2	5
6298	5

b) Laske elektronisten vapausasteiden osuus piin sisäenergiasta ja entropiaentropiasta 298 K lämpötilassa systeemille, jossa on 1 mol erottuvia pii atomeja.

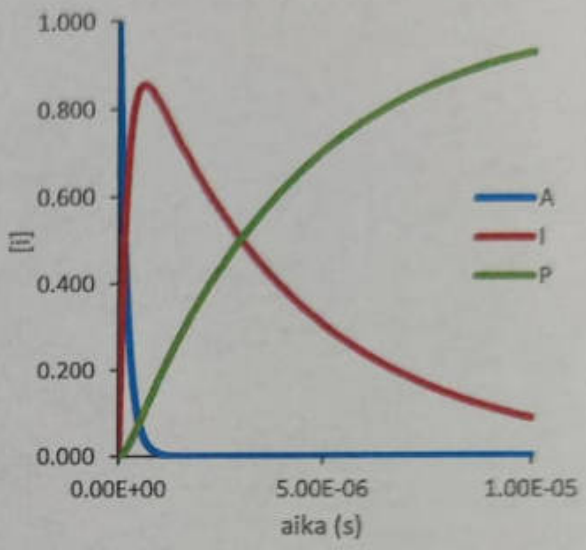
VAIN FUNKTIOLASKIN SALLITTU

5. (4p) Vedyn, H_2, viskositeetti 273 K lämpötilassa ja 1 atm paineessa on 84 μP. Laske viskositeetti D_2:lle ja HD:lle samoissa olosuhteisssa. D on deuterium ja $M_D = 2M_H$.

6. (6p) Reaktiolle, jossa A ja B reagoivat välitilan I kautta tuotteeksi P, eli

$$A + B \underset{k_r}{\overset{k_f}{\rightleftharpoons}} I \xrightarrow{k_p} P$$

havaittiin lähtöaineen A, välituotteen I ja tuotteen P konsentraatioiden käyttäytyvän viereisen kuvan mukaisesti.



a) Tämän perusteella, mikä on reaktion nopeutta rajoittava vaihe?

b) Kummalla tavalla nopeusyhtälö kannattaa johtaa: edeltävän tasapainon approksimaatiota vai vakiotilaoletusta käyttäen? Perustele!

c) Kirjoita differentiaalinen nopeusyhtälö kullekin reaktioon osallistuvalle aineelle.

d) Johda nopeusyhtälön lauseke tälle reaktiolle.

7. (6p) Tietty kiinteä aine adsorboi 0.44 mg hiilimonoksidia, CO(g), kun sen paine on 26.0 kPa ja lämpötila 300 K. Kun paine on 3.0 kPa ja lämpötila 300 K hiilimonoksidia adsorboituu 0.19 mg. Hiilimonoksidin adsorptio kyseisen kiinteän aineen pintaan noudattaa Langmuirin adsorptioisotermiä. Laske pinnan peittoaste kummallekin paineelle.

Luku 11. Sähkökemiallinen kenno

$E = E^0 - \frac{RT}{nF}\ln Q$, missä $Q = \prod_i (a_i)^{\nu_i}$	$E^0_{cell} = E^0_{reduction} + E^0_{oxidation}$
$\Delta G^o_R = -nFE^o = -RT\ln K$	$\Delta G = -nFE$
$\Delta S^o_R = -\left(\frac{\partial \Delta G^o_R}{\partial T}\right)_p = nF\left(\frac{\partial E^o}{\partial T}\right)_p$	$pH = -\log a_{H^+}$; $a_i = \gamma_i m_i$; $\gamma^{\nu}_{\pm} = \gamma^{\nu_+}_{+}\gamma^{\nu_-}_{-}$; $\nu = \nu_+ + \nu_-$

Luku 13. Boltzmannin jakauma

$W = \frac{N!}{a_0!\,a_1!\,a_2!\,\ldots a_n!} = \frac{N!}{\prod a_n!}$	$\ln N! = N\ln N - N$
$q = \sum_n g_n e^{-\beta\varepsilon_n}$, missä $\beta = \frac{1}{kT}$	$p_i = \frac{a_i}{N} = \frac{g_i e^{-\beta\varepsilon_i}}{q}$
$E = nh\nu = nhc\tilde{\nu} = \frac{nhc}{\lambda}$	$d\ln W = \beta dE$

Luku 14. Yhdelmä ja molekulaariset jakaumafunktiot

Erottuvat hiukkaset: $Q = q^N$	Erottumattomat hiukkaset: $Q = \frac{q^N}{N!} = \left(\frac{qe}{N}\right)^N$
$q_{Total} = q_T q_R q_V q_E$	$q_T = \frac{V}{\Lambda^3}$, missä $\Lambda = \left(\frac{h^2\beta}{2\pi m}\right)^{1/2} = \frac{h}{\sqrt{2\pi m kT}}$
Lineaariset molekyylit:	
Kun $\frac{T}{\Theta_R} > 10$: $q_R = \frac{kT}{\sigma hcB}$, missä $B = \frac{h}{8\pi^2 cI}$	sekä $I = \mu r^2, \mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ ja $\Theta_R = \frac{hcB}{k}$
Kun $\frac{T}{\Theta_R} < 10$: $q_R = \frac{1}{\sigma}\sum_J (2J+1)e^{-\beta hcB(J+1)}$	
$\frac{d}{dJ}(2J+1)e^{-\beta hcBJ(J+1)} = 2e^{-\beta hcBJ(J+1)} - \beta hcB(2J+1)^2 e^{-\beta hcBJ(J+1)}$	
Ei-lineaariset molekyylit:	$q_R = \frac{\sqrt{\pi}}{\sigma}\left(\frac{kT}{hcB_A}\right)^{1/2}\left(\frac{kT}{hcB_B}\right)^{1/2}\left(\frac{kT}{hcB_C}\right)^{1/2}$

Luku 14. Yhdelmä ja molekulaariset jakaumafunktiot

Kaksiatomiset: $q_V = \frac{1}{1 - e^{-hc\bar{\nu}/kT}}$	Moniatomiset: $q_V = \prod_{i=1}^{3N-5 \text{ or } 3N-6} (q_V)_i^{g_i}$
$q_E = \sum_{n=0} g_n e^{-\beta E_n} \approx g_0$	

Luku 15. Tilaastotermodynamiikka

$U = -\left(\frac{d\ln Q}{d\beta}\right)_V$	$C_V = \left(\frac{dU}{dT}\right)_V = -k\beta^2 \left(\frac{dU}{d\beta}\right)_V$
Kun $q = \sum_n g_n e^{-\beta\varepsilon_n} => -\frac{N}{q}\left(\frac{dq}{d\beta}\right)_V = \frac{Nhc}{q}\sum_n g_n \tilde{\nu}_n e^{-hc\tilde{\nu}_n/kT}$	
$S = k\ln W = \frac{U}{T} + k\ln Q$	$A = U - TS = -kT\ln Q$
$H = U + PV = kT^2\left(\frac{d\ln Q}{dT}\right)_V + VkT\left(\frac{d\ln Q}{dV}\right)_T$	$G = A + PV = -kT\left[\ln Q - V\left(\frac{d\ln Q}{dV}\right)_T\right]$
Kaksiatomisille lineaarisille ideaalikaasuille, joiden $q_E = g_0$	
$U = \frac{5}{2}NkT + \frac{Nhc\tilde{\nu}}{e^{hc\tilde{\nu}/kT} - 1}$	$C_V = \frac{5}{2}Nk + Nk\beta^2(hc\tilde{\nu})^2 \frac{e^{hc\tilde{\nu}/kT}}{(e^{hc\tilde{\nu}/kT} - 1)^2}$
$H = kT^2\left(\frac{d\ln Q}{dT}\right)_V + NkT$	$G = -NkT\ln\left(\frac{q}{N}\right) = -nRT\ln\left(\frac{q}{N}\right)$
Yksiatominen kaasu:	$S = \frac{5}{2}nR + nR\ln\frac{RT}{N_A\Lambda^3 P} = nR\ln\frac{RTe^{5/2}}{N_A\Lambda^3 P}$
Reaktiolle: $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$	$K_P = \frac{\left(\frac{q_C^o}{N_A}\right)^c \left(\frac{q_D^o}{N_A}\right)^d}{\left(\frac{q_A^o}{N_A}\right)^a \left(\frac{q_B^o}{N_A}\right)^b} e^{-\beta\Delta\varepsilon}$ missä $\Delta\varepsilon = c\varepsilon_{diss,C} + d\varepsilon_{diss,D} - a\varepsilon_{diss,A} - b\varepsilon_{diss,B}$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Luku 16. Kineettinen kaasuteoria

$v_{mp} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$	$v_{ave} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$
$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$	$Z_C = \frac{dN_C/dt}{A} = \frac{1}{4}\bar{N}v_{ave} = \frac{P}{(2\pi mkT)^{1/2}} = \frac{P}{(2\pi MRT)^{1/2}}$
$\frac{dP}{dt} = \frac{kT}{V}\left(\frac{-PA}{(2\pi mkT)^{1/2}}\right)$	$P = P_0 e^{-\left[\frac{At}{V}\left(\frac{kT}{2\pi m}\right)^{1/2}\right]}$
$Z_{12} = \frac{N_1}{V} z_{12}$	$z_{12} = \frac{N_2}{V}\left(\frac{V_{cyl}}{dt}\right) = \frac{N_2}{V}\left(\frac{\sigma v_{ave} dt}{dt}\right) = \frac{N_2}{V}\sigma\left(\frac{8kT}{\pi\mu}\right)^{1/2}$
$Z_{11} = \frac{1}{2}\frac{N_1}{V} z_{11}$	$z_{11} = \frac{N_1}{V}\sigma\sqrt{2}\left(\frac{8kT}{\pi m_1}\right)^{1/2} = \frac{P_1 N_A}{RT}\sigma\sqrt{2}\left(\frac{8RT}{\pi M_1}\right)^{1/2}$
	$\lambda = \frac{v_{ave}}{z_{11}} = \frac{v_{ave}}{\frac{N_1}{V}\sigma\sqrt{2}v_{ave}} = \left(\frac{RT}{P_1 N_A}\right)\frac{1}{\sigma\sqrt{2}}$

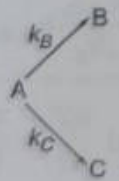
Luku 17. Kuljetusominaisuudet

$J_{Total} = -D\left(\frac{d\bar{N}}{dx}\right)_{x=0} = -D\frac{dc}{dx}$	missä $D = \frac{1}{3}v_{ave}\lambda$
$1D: x_{rms} = \sqrt{2Dt}, \quad 2D: x_{rms} = \sqrt{4Dt}$	$3D: x_{rms} = \sqrt{6Dt}$
$J_{Total}(\text{lämpö}) = -\kappa\left(\frac{dT}{dx}\right)_{x=0}$	missä $\kappa = \frac{1}{3}\frac{C_{V,m}}{N_A}v_{ave}\bar{N}\lambda$
kaasu: $\eta = \frac{1}{3}v_{ave}\bar{N}\lambda m$	$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi r^4}{8\eta}\left(\frac{P_2 - P_1}{x_2 - x_1}\right)$ tai $\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi r^4}{8\eta}\left(\frac{\rho g h}{x_2 - x_1}\right)$
neste: $\eta = A_{vis}e^{E_{vis}/RT}$	$D = \frac{kT}{f} = \frac{kT}{6\pi\eta r}$
$\bar{s} = \frac{m(1-\bar{V}\rho)}{f}$	$\omega^2 \bar{s} t = \ln\left(\frac{x_{b,t}}{x_{b,t=0}}\right)$
$m = \frac{kT\bar{s}}{D(1-\bar{V}\rho)}$	$M = \frac{RT\bar{s}}{D(1-\bar{V}\rho)}$

Luku 17. Kuljetusominaisuudet

$\kappa = \frac{l/A}{R} = \frac{k}{R}$	$\Lambda_m = \frac{\kappa}{c}$
$\Lambda_m = \Lambda_m^o - K\sqrt{\frac{c}{c_o}}$	$\Lambda_m^o = \sum_i \nu_i \lambda_i^o$
$\alpha = \frac{\Lambda_m}{\Lambda_m^o}$	$\frac{1}{\Lambda_m} = \frac{1}{\Lambda_m^o} + \frac{c\Lambda_m}{K_a(\Lambda_m^o)^2}$

Luku 18. Kemiallinen kinetiikka

Alkeisreaktiolle $aA + bB \rightarrow$	$\mathrm{R} = -\frac{1}{a}\frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b}\frac{d[B]}{dt} = k[A]^a[B]^b$
$[A] = [A]_0 e^{-kt}$ eli $\ln\left(\frac{[A]}{[A]_0}\right) = -kt$	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$
$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + k_{eff}t$	$t_{1/2} = \frac{1}{k_{eff}[A]_0}$
$\frac{1}{[B]_0 - [A]_0} ln\left(\frac{[B]/[B]_0}{[A]/[A]_0}\right) = kt$	
Reaktiolle: $\mathrm{A} \xrightarrow{k_A} \mathrm{I} \xrightarrow{k_I} \mathrm{P}$	$[I] = \frac{k_A}{k_I - k_A}(e^{-k_A t} - e^{-k_I t})[A]_0$ $t_{max} = \frac{1}{k_A - k_I} ln\left(\frac{k_A}{k_I}\right)$
Reaktiolle:  	$[B] = \frac{k_B}{k_B + k_C}[A]_0\left(1 - e^{-(k_B + k_C)t}\right)$ $[C] = \frac{k_C}{k_B + k_C}[A]_0\left(1 - e^{-(k_B + k_C)t}\right)$ $\Phi_i = \frac{k_i}{\sum_n k_n}$
Reaktiolle: $A \underset{k_B}{\overset{k_A}{\rightleftharpoons}} B$	$[A] = [A]_0 \frac{k_B + k_A e^{-(k_A + k_B)t}}{k_A + k_B}$ ja $\frac{k_A}{k_B} = \frac{[B]_{eq}}{[A]_{eq}} = K_c$
$k = Ae^{-E_a/RT}$	$k_d = 4\pi N_A(r_A + r_B)D_{AB}$, missä $D_{AB} = D_A + D_B$

Luku 18. Kemiallinen kinetiikka

$E_a = \Delta H^{\ddagger} + mRT$ $A = e^m \left(\frac{k_B T}{h}\right) e^{\Delta S^{\ddagger}/R}$	$k_2 = \frac{k_B T}{hc^o} e^{-\Delta G^{\ddagger}/RT} = \frac{k_B T}{hc^o} e^{\Delta S^{\ddagger}/R} e^{-\Delta H^{\ddagger}/RT}$

Luku 19. Monivaiheiset reaktiot

$R = \frac{d[P]}{dt} = \frac{k_1 k_2 [A][M]}{k_{-1}[M] + k_2} = k_{uni}[A]$	$R_0 = \frac{d[P]}{dt} = \frac{k_2[S]_0[C]_0}{[S]_0+[C]_0+K_m}, \quad K_m = \frac{k_{-1}+k_2}{k_1}$
$R_0 = \frac{k_2[S]_0[E]_0}{[S]_0 + K_m}$ ja $R_{max} = k_2[E]_0$	$\frac{1}{R_0} = \left(\frac{1}{R_{max}}\right) + \left(\frac{K_m}{R_{max}}\right)\frac{1}{[S]_0}$
$\theta = \frac{KP}{KP+1} \Rightarrow \frac{1}{\theta} = 1 + \frac{1}{KP}$	$\Phi_f = \frac{k_f[S_1]}{k_a[S_0]} = \frac{k_f}{k_f + k_{ic} + k_{isc}^S}$
$\tau_f = \frac{1}{k_f + k_{ic} + k_{isc}^S}$	$\frac{\tau_f^0}{\tau_f} = 1 + \frac{k_q[Q]}{k_f + k_{ic} + k_{isc}^S} = 1 + \tau_f^0 k_q[Q]$

TABLE 33.1 COLLISIONAL PARAMETERS FOR VARIOUS GASES

Species	r (nm)	σ (nm^2)
He	0.13	0.21
Ne	0.14	0.24
Ar	0.17	0.36
Kr	0.20	0.52
N_2	0.19	0.43
O_2	0.18	0.40
CO_2	0.20	0.52

TABLE 34.2 IONIC EQUIVALENT CONDUCTANCE VALUES FOR REPRESENTATIVE IONS

Ion	λ (S m^2 mol^{-1})	Ion	λ (S m^2 mol^{-1})
H^+	0.0350	OH^-	0.0199
Na^+	0.0050	Cl^-	0.0076
K^+	0.0074	Br^-	0.0078
Mg^{2+}	0.0106	F^-	0.0054
Cu^{2+}	0.0107	NO_3^-	0.0071
Ca^{2+}	0.0119	CO_3^{2-}	0.0139

STANDARDISET PELKISTYSPOTENTIAALIT AAKKOSJÄRJESTYKSESSÄ:

. 1. ALKUOSA

TABLE 11.1 Standard Reduction Potentials in Alphabetical Order

Reaction	$E°$ (V)	Reaction	$E°$ (V)
$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$	0.7996	$Au^{3+} + 2e^- \longrightarrow Au^+$	1.401
$Ag^{2+} + e^- \longrightarrow Ag^+$	1.980	$Au^{3+} + 3e^- \longrightarrow Au$	1.498
$AgBr + e^- \longrightarrow Ag + Br^-$	0.07133	$AuBr_2^- + e^- \longrightarrow Au + 2Br^-$	0.959
$AgCl + e^- \longrightarrow Ag + Cl^-$	0.22233	$AuCl_4^- + 3e^- \longrightarrow Au + 4Cl^-$	1.002
$AgCN + e^- \longrightarrow Ag + CN^-$	−0.017	$Ba^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ba$	−2.912
$AgF + e^- \longrightarrow Ag + F^-$	0.779	$Be^{2+} + 2e^- \longrightarrow Be$	−1.847
$Ag_4[Fe(CN)_6] + 4e^- \longrightarrow 4\,Ag + [Fe(CN)_6]^{4-}$	0.1478	$Bi^{3+} + 3e^- \longrightarrow Bi$	0.20
$AgI + e^- \longrightarrow Ag + I^-$	−0.15224	$Br_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2\,Br^-$	1.0873
$AgNO_2 + e^- \longrightarrow Ag + NO_2^-$	0.564	$BrO^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow Br^- + 2\,OH^-$	0.761
$Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al$	−1.662	$Ca^+ + e^- \longrightarrow Ca$	−3.80
$Au^+ + e^- \longrightarrow Au$	1.692	$Ca^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ca$	−2.868

(continued)

2. LOPPUOSA

Reaction	$E°$ (V)	Reaction	$E°$ (V)
$Pt(OH)_2 + 2e^- \longrightarrow Pt + 2\,OH^-$	0.14	$Sn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Sn$	−0.1375
$Rb^+ + e^- \longrightarrow Rb$	−2.98	$Sn^{4+} + 2e^- \longrightarrow Sn^{2+}$	0.151
$Re^{3+} + 3e^- \longrightarrow Re$	0.300	$Ti^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ti$	−1.630
$S + 2e^- \longrightarrow S^{2-}$	−0.47627	$Ti^{3+} + e^- \longrightarrow Ti^{2+}$	−0.9
$S + 2\,H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2S(aq)$	0.142	$TiO_2 + 4\,H^+ + 2e^- \longrightarrow Ti^{2+} + 2\,H_2O$	−0.502
$S_2O_6^{2-} + 4\,H^+ + 2e^- \longrightarrow 2\,H_2SO_3$	0.564	$Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$	−0.7618
$S_2O_6^{2-} + 2e^- + 2\,H^+ \longrightarrow 2\,HSO_3^-$	0.464	$ZnO_2^{2-} + 2\,H_2O + 2e^- \longrightarrow Zn + 4\,OH^-$	−1.215
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \longrightarrow 2\,SO_4^{2-}$	2.010	$Zr(OH)_2 + H_2O + 4e^- \longrightarrow Zr + 4\,OH^-$	−2.36

Source: HCP and Bard.

3. KESKIOSA

TABLE 11.1 Standard Reduction Potentials in Alphabetical Order (continued)

Reaction	E° (V)	Reaction	E° (V)
$Cd^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cd$	−0.4030	$In^{3+} + 3e^- \longrightarrow In$	−0.3382
$Cd(OH)_2 + 2e^- \longrightarrow Cd + 2\,OH^-$	−0.809	$K^+ + e^- \longrightarrow K$	−2.931
$CdSO_4 + 2e^- \longrightarrow Cd + SO_4^{2-}$	−0.246	$Li^+ + e^- \longrightarrow Li$	−3.0401
$Ce^{3+} + 3e^- \longrightarrow Ce$	−2.483	$Mg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mg$	−2.372
$Ce^{4+} + e^- \longrightarrow Ce^{3+}$	1.61	$Mg(OH)_2 + 2e^- \longrightarrow Mg + 2\,OH^-$	−2.690
$Cl_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2\,Cl^-$	1.35827	$Mn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mn$	−1.185
$ClO_4^- + 2\,H^+ + 2e^- \longrightarrow ClO_3^- + H_2O$	1.189	$Mn^{3+} + e^- \longrightarrow Mn^{2+}$	1.5415
$ClO^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow Cl^- + 2\,OH^-$	.81	$MnO_2 + 4\,H^+ + 2e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 2\,H_2O$	1.224
$ClO_4^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow ClO_3^- + 2\,OH^-$	0.36	$MnO_4^- + 4\,H^+ + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 2\,H_2O$	1.679
$Co^{2+} + 2e^- \longrightarrow Co$	−0.28	$MnO_4^{2-} + 2\,H_2O + 2e^- \longrightarrow MnO_2 + 4\,OH^-$	0.595
$Co^{3+} + e^- \longrightarrow Co^{2+}$	1.92	$MnO_4^- + 8\,H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$	1.507
$Cr^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cr$	−0.913	$MnO_4^- + e^- \longrightarrow MnO_4^{2-}$	0.558
$Cr^{3+} + e^- \longrightarrow Cr^{2+}$	−0.407	$2\,NO + 2\,H^+ + 2e^- \longrightarrow N_2O + H_2O$	1.591
$Cr^{3+} + 3e^- \longrightarrow Cr$	−0.744	$HNO_2 + H^+ + e^- \longrightarrow NO + H_2O$	0.983
$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6e^- \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O$	1.232	$NO_2 + H_2O + 3e^- \longrightarrow NO + 2\,OH^-$	−0.46
$Cs^+ + e^- \longrightarrow Cs$	−2.92	$NO_3^- + 4\,H^+ + 3e^- \longrightarrow NO + 2\,H_2O$	0.957
$Cu^+ + e^- \longrightarrow Cu$	0.521	$NO_3^- + 2\,H^+ + e^- \longrightarrow NO_2^- + H_2O$	0.835
$Cu^{2+} + e^- \longrightarrow Cu^+$	0.153	$NO_3^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow NO_2^- + 2\,OH^-$	0.10
$Cu(OH)_2 + 2e^- \longrightarrow Cu + 2\,OH^-$	−0.222	$Na^+ + e^- \longrightarrow Na$	−2.71
$F_2 + 2\,H^+ + 2e^- \longrightarrow 2\,HF$	3.053	$Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni$	−0.257
$F_2 + 2e^- \longrightarrow 2\,F^-$	2.866	$NiOOH + H_2O + e^- \longrightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$	0.52
$Fe^{2+} + 2e^- \longrightarrow Fe$	−0.447	$Ni(OH)_2 + 2e^- \longrightarrow Ni + 2\,OH^-$	−0.72
$Fe^{3+} + 3e^- \longrightarrow Fe$	−0.030	$NiO_2 + 2\,H_2O + 2e^- \longrightarrow Ni(OH)_2 + 2\,OH^-$	0.49
$Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$	0.771	$NiO_2 + 4\,H^+ + 2e^- \longrightarrow Ni^{2+} + 2\,H_2O$	1.678
$[Fe(CN)_6]^{3-} + e^- \longrightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$	0.358	$O_2 + e^- \longrightarrow O_2^-$	−0.56
$2\,H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$	0	$O_2 + 2\,H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2O_2$	0.695
$HBrO + H^+ + e^- \longrightarrow 1/2\,Br_2 + H_2O$	1.574	$O_2 + 4\,H^+ + 4e^- \longrightarrow 2\,H_2O$	1.229
$HClO + H^+ + e^- \longrightarrow 1/2\,Cl_2 + H_2O$	1.611	$O_2 + 2\,H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2O_2 + 2\,OH^-$	−0.146
$HClO_2 + 3\,H^+ + 3e^- \longrightarrow 1/2\,Cl_2 + 2\,H_2O$	1.628	$O_2 + 2\,H_2O + 4e^- \longrightarrow 4\,OH^-$	0.401
$HO_2 + H^+ + e^- \longrightarrow H_2O_2$	1.495	$O_2 + H_2O + 2e^- \longrightarrow HO_2^- + OH^-$	−0.076
$HO_2 + H_2O + 2e^- \longrightarrow 3\,OH^-$	0.878	$O_3 + 2\,H^+ + 2e^- \longrightarrow O_2 + H_2O$	2.07
$2\,H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2\,OH^-$	−0.8277	$O_3 + H_2O + 2e^- \longrightarrow O_2 + 2\,OH^-$	1.24
$H_2O_2 + 2\,H^+ + 2e^- \longrightarrow 2\,H_2O$	1.776	$Pb^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pb$	−0.1262
$2\,H_2SO_3 + H^+ + 2e^- \longrightarrow H_3SO_4^- + 2\,H_2O$	−0.056	$Pb^{4+} + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+}$	1.67
$H_2SO_3 + 4\,H^+ + 4e^- \longrightarrow S + 3\,H_2O$	0.449	$PbBr_2 + 2e^- \longrightarrow Pb + 2Br^-$	−0.284
$H_3PO_4 + 2\,H^+ + 2e^- \longrightarrow H_3PO_3 + H_2O$	−0.276	$PbCl_2 + 2e^- \longrightarrow Pb + 2\,Cl^-$	−0.2675
$Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg$	0.851	$PbO + H_2O + 2e^- \longrightarrow Pb + 2\,OH^-$	−0.580
$Hg_2^{2+} + 2e^- \longrightarrow 2\,Hg$	0.7973	$PbO_2 + 4\,H^+ + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+} + 2\,H_2O$	1.455
$Hg_2Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2\,Hg + 2\,Cl^-$	0.26808	$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4\,H^+ + 2e^- \longrightarrow PbSO_4 + 2\,H_2O$	1.6913
$Hg_2SO_4 + 2e^- \longrightarrow 2\,Hg + SO_4^{2-}$	0.6125	$PbSO_4 + 2e^- \longrightarrow Pb + SO_4^{2-}$	−0.3505
$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2\,I^-$	0.5355	$Pd^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pd$	0.951
$I_3^- + 2e^- \longrightarrow 3\,I^-$	0.536	$Pt^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pt$	1.118
$In^+ + e^- \longrightarrow In$	−0.14	$[PtCl_4]^{2-} + 2e^- \longrightarrow Pt + 4\,Cl^-$	0.755
$In^{2+} + e^- \longrightarrow In^+$	−0.40	$[PtCl_6]^{2-} + 2e^- \longrightarrow [PtCl_4]^{2-} + 2\,Cl^-$	0.68

VAIN FUNKTIOLASKIN SALLITTU

Length		
meter (SI unit)	m	
centimeter	cm	cm = 10^{-2} m
ångström	Å	= 10^{-10} m
micron	μ	= 10^{-6} m
Volume		
cubic meter (SI unit)	m^3	
liter	L	= dm^3 = 10^{-3} m^3
Mass		
kilogram (SI unit)	kg	
gram	g	10^{-2} kg
Energy		
joule (SI unit)	J	
electron volt	eV	= 1.60218×10^{-19} J
inverse centimeter	cm^{-1}	= 1.98645×10^{-23} J
calorie (thermochemical)	Cal	= 4.184 J
Pressure		
pascal (SI unit)	Pa	
atmosphere	atm	= 101325 Pa
bar	bar	= 10^5 Pa
torr	Torr	= 133.322 Pa
Power		
watt (SI unit)	W	
Values of Selected Physical constants		
Atomic mass constant	amu	$1.6605402 \times 10^{-27}$ kg
Avogadros's constant	N_A	6.0221367×10^{23} mol^{-1}
Boltzmann constant	k_B	1.380658×10^{-23} JK^{-1}
	k_B/hc	0.695038 cm^{-1} K^{-1}
Faraday constant	F	9.6485309×10^4 $Cmol^{-1}$
Gravitational constant	G	6.67259×10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}
Standard acceleration of gravity	G_n	9.80665 ms^{-2}
Molar gas constant	R	8.3145101 JK^{-1} mol^{-1}
Molar volume, ideal gas		
(1 bar, 0°C)		22.71198 L mol^{-1}
(1 atm, 0°C)		22.41409 L mol^{-1}
Permittivity of vacuum	ε_0	$8.854187816 \times 10._{12}$ C^2 $J^{-1}m^{-1}$
Planck constant	h	$6.6260755 \times 10^{-34}$ Js
	$\hbar$	$1.05457266 \times 10^{-27}$ Js
Proton charge	e	$1.60217733 \times 10^{-19}$ C
Speed of light in vacuum	c	2.99792458×10^8 ms^{-1}