

CHEM-A2250 Fysikaalinen kemia Bio-IT:lle
2. välikoe 9.12.2015

Tehtävissä tarvittavat termodynaamisten suureiden lukuarvot etsitään monisteesta G. Fabricius, et al., *Fysikaalisen kemian taulukoita*, Otatieto, moniste no 548.
HUOM! Ratkaisut on perusteltava ja kaikki tehtävissä esille tulevat suureet määriteltävä.

1.

Asetaldehydin, $\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g})$, hajoaminen on 2. kertalukua. Reaktiionopeuskerroin on mitattu kahdessa lämpötilassa:

T / K	703	865
$k / \text{dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$	0,0110	4,95

- Laske reaktion aktivoitumisenergia ja Arrheniuksen vakio.
- Laske reaktiionopeuskerroin lämpötilassa 773 K.
- Asetaldehydin alkupaine oli 0,500 atm lämpötilassa 773 K. Laske aika, jolloin 50 % asetaldehdyistä on reagoanut tässä lämpötilassa.
Oleta asetaldehydi ideaalikaasuksi.

2.

Puhtaan 1-bromobutaanin ja 1-klorobutaanin höyrynpaineiden lämpötilariippuvuudet tunnetaan seuraavasti:

$$\ln\left(\frac{P_{\text{bromo}}^*}{\text{Pa}}\right) = 17,076 - \frac{1584,8}{\left(\frac{T}{\text{K}}\right) - 111,88}$$

$$\ln\left(\frac{P_{\text{kloro}}^*}{\text{Pa}}\right) = 20,612 - \frac{2688,1}{\left(\frac{T}{\text{K}}\right) - 55,725}$$

1-bromobutaanin ja 1-klorobutaanin muodostama ideaalinen seos on lämpötilassa 300,00 K tasapainossa höyryn kanssa, jonka paine on 8741 Pa.

Laske 1-bromobutaanin mooliosuus nestefaasissa, x_{bromo} , sekä mooliosuus höyryfaasissa, y_{bromo} .

3.

- Millä eri tavoin komponenttien aktiivisuuskertoimet voidaan määritellä binäärisessä nesteseoksessa?
- Natriumkloridin vesiliuoksen höyrynpaineeksi mitattiin 100 °C lämpötilassa 95,325 kPa, kun liuos oli koostumukseltaan 1,967 mol kg^{-1} natriumkloridin suhteen. Laske veden aktiivisuus ja aktiivisuuskerroin 100 °C lämpötilassa 1,967 mol kg^{-1} NaCl-liuoksessa.

KÄÄNNÄ!

4.

Sähkökemiallinen kenno valmistettiin laboratoriossa sijoittamalla 1 mol kg⁻¹ CuSO₄:n vesiliuokseen kuparielektrodi sekä elohopea-elohopeasulfaatti-elektrodi.

- a) Esitä yo. kennoa vastaava kennokaavio, jossa kuparielektrodi on vasemmanpuoleisena elektrodina.
- b) Esitä elektrodireaktiot ja kennoreaktio.
- c) Kirjoita kennoreaktion $\Delta G_{R,m}$ -lauseke ja johda siitä sähkömotorisen voiman E lauseke.
- d) Laske kuparisulfaatin keskiaktiivisuuskerroin γ_{\pm} liuoksessa 1 mol kg⁻¹, kun kennokaaviota vastaavan kennon sähkömotoriseksi voimaksi E mitattiin 0,360 V lämpötilassa 25 °C.

5.

Yksinkertainen menetelmä käyttöveden suolapitoisuuden määrittämiseksi on mitata sen konduktiivisuus κ ja olettaa, että todettu konduktiivisuus johtuu pelkästään liuenneesta natriumkloridista. Puutarhaviilijän tutkiessa onko hänen kaivonsa vesi sopiva kastelutarkoituksiin hän mittasi resistanssiksi 1426 Ω lämpötilassa 298 K. Käytetyn mittakennon ollessa täytettynä 0,0100 mol dm⁻³ väkevyisellä kaliumkloridiliuoksella havaittu resistanssi oli 251 Ω . Kasteluveden natriumkloridipitoisuus ei saisi ylittää massakonsentraatiota 0,1 g dm⁻³. Onko kaivovesi käyttökelpoista kasteluun?

Laskuissa NaCl- ja KCl-liuokset voidaan olettaa äärettömän laimeiksi.

CHEM-A2250 Fysikaalinen kemia BiolT:lle
2. välikokeen kaavoja

$$nA \rightarrow \text{tuotteet} \quad -\frac{d[A]}{dt} = k_{\text{eff}} [A]^n \quad \int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d[A]}{[A]^n} = -\int_0^t k_{\text{eff}} dt$$

$$A + B \rightarrow \text{tuotteet} \quad \frac{dx}{dt} = k(a-x)(b-x) \quad \frac{1}{(a-x)(b-x)} = \frac{1}{(b-a)} \left[\frac{1}{a-x} - \frac{1}{b-x} \right]$$

$$A \xrightarrow{k_A} I \xrightarrow{k_B} P \quad [I] = \frac{k_A [A]_0}{(k_1 - k_A)} [e^{-k_A t} - e^{-k_1 t}]$$

$$A \xrightarrow{k_B} B \text{ ja } A \xrightarrow{k_C} C \quad \frac{[B]}{[C]} = \frac{k_B}{k_C}$$

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

$$A \xrightleftharpoons[k_B]{k_A} B \quad dx = k_A(a-x) - k_B x$$

$$R_{\text{happo-emäs}} = (k_o + k_{H^+} [H^+] + k_{OH^-} [OH^-]) \cdot [A]$$

$$R_o = \frac{d[P]}{dt} = \frac{k_2 [S]_o [E]_o}{[S]_o + K_m} \quad R_{\text{cat}} = k_p \cdot \theta = k_p \cdot \frac{KP_A}{1 + KP_A}$$

KÄÄNNÄ!

$$P_i = x_i \cdot P_i^* \quad \mu_i^{\text{solution}} = \mu_i^* + RT \cdot \ln x_i$$

$$\ln x_{\text{solvent}} = \frac{-\Delta G_m^{\text{fus}}}{RT} = \frac{-\Delta H_m^{\text{fus}}}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_f^*} \right)$$

$$T - T_f^* = -K_f m_{\text{solute}}$$

$$\ln x_{\text{solvent}} = \frac{\Delta G_m^{\text{vap}}}{RT} = \frac{\Delta H_m^{\text{vap}}}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_b^*} \right)$$

$$T - T_b^* = K_b m_{\text{solute}}$$

$$-RT \cdot \ln x_{\text{solvent}} = \int_P^{P+\pi} V_m^* dP \quad \pi = c_{\text{solute}} RT$$

$$V = \bar{V}_1 n_1 + \bar{V}_2 n_2 \quad \bar{V}_i = \left(\frac{\partial V}{\partial n_i} \right)_{T, P, n_j}$$

$$P_i = a_i \cdot P_i^* \quad P_{\text{solute}} = a_{\text{solute}} \cdot k_H$$

$$\Delta G_{R,m} = \sum_i \nu_i \mu_i \quad \mu_i = \mu_i^\circ + RT \cdot \ln a_i$$

$$a_{\text{solute}} = a_+^{v_+} \cdot a_-^{v_-} \quad a_i = \gamma_i \cdot \frac{m_i}{m^\circ} \quad \gamma_\pm^v = \gamma_+^{v_+} \cdot \gamma_-^{v_-} \quad \ln \gamma_\pm = -1,173 \cdot |z_+ \cdot z_-| \sqrt{\frac{I}{\text{mol kg}^{-1}}}$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot \sum_i z_i^2 m_i$$

$$\Delta G_{R,m} = -nFE \quad \Delta G_{R,m}^\circ = -nFE^\circ$$

$$Q = \prod (a_i)^{\nu_i} \quad K = (Q)_{\text{eq}} = \prod (a_i)_{\text{eq}}^{\nu_i}$$

$$\kappa = \frac{k}{R} \quad \Lambda_m = \frac{\kappa}{c} \quad \Lambda_m^\circ = \sum_i \nu_i \lambda_i^\circ \quad a_i = \gamma_i \cdot \frac{c_i}{c^\circ}$$

$$J_x = -D \left(\frac{\partial c}{\partial x} \right) \quad D = \frac{kT}{f} = \frac{kT}{6\pi\eta r}$$

Ensimmäisen kertaluvun differentiaaliyhtälöt

1. $y' = \frac{g(y)}{f(x)}$; $\int \frac{dy}{g(y)} = \int \frac{dx}{f(x)}$ (muuttujien erottaminen)

2. $y' + f(x)y = 0$; $y = Ce^{-\int f(x) dx}$

3. $y' + f(x)y = g(x)$; $y = e^{-\int f(x) dx} [C + \int e^{\int f(x) dx} g(x) dx]$

tai jos tunnetaan jokin yksityisratkaisu $y_0(x)$, myöskin:
 $y_0 = y(x) + Ce^{-\int f(x) dx}$

4. $y' = f\left(\frac{y}{x}\right)$; sijoitus $\frac{y}{x} = z$, $y' = z + xz'$

Etuliitteet

Kerroin	Etuliite		Kerroin	Etuliite	
	Nimi	Tunnus		Nimi	Tunnus
10 ⁻¹	desi	d	10	deka	da
10 ⁻²	sentti	c	10 ²	hehto	h
10 ⁻³	milli	m	10 ³	kilo	k
10 ⁻⁶	mikro	μ	10 ⁶	mega	M
10 ⁻⁹	nano	n	10 ⁹	giga	G
10 ⁻¹²	piko	p	10 ¹²	tera	T
10 ⁻¹⁵	femto	f			
10 ⁻¹⁸	atto	a			

FYSIKAALISIA TAULUKOITA

Fysikaalisten vakioiden arvoja

Valon nopeus tyhjiössä, $c_0 = 0,29979 \times 10^9 \text{ m s}^{-1}$

Tyhjön permeabiliteetti, $\mu_0 = 0,4 \pi \times 10^{-6} \text{ N A}^{-2}$

Tyhjön permittiivisyys, $\epsilon_0 = 8,85419 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1} = 8,85419 \times 10^{-12} \text{ C V}^{-1} \text{ m}^{-1}$

Protonin massa, $m_p = 1,6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Neutronin massa, $m_n = 1,6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Elektronin massa, $m_e = 0,910939 \times 10^{-30} \text{ kg}$

Protonin sähkövaraus, $e = 0,1602177 \times 10^{-18} \text{ C}$

Boltzmannin vakio, $k = R/N_A = 13,806 \times 10^{-24} \text{ J K}^{-1}$

Planckin vakio, $h = 0,66262 \times 10^{-33} \text{ J s}$; $\hbar = h/2\pi = 0,10546 \times 10^{-33} \text{ J s}$

Bohrin säde, $a_0 = 52,918 \times 10^{-12} \text{ m}$

Rydbergin vakio, $R_\infty = 10,974 \times 10^6 \text{ m}^{-1}$

Bohrin magnetoni, $m_B = eh/(4\pi m_e) = 9,2741 \times 10^{-24} \text{ A m}^2 \text{ (J/T)}$

Ydinmagnetoni, $m_N = eh/(4\pi m_p) = 5,0508 \times 10^{-27} \text{ A m}^2 \text{ (J/T)}$

Avogadron vakio, $N_A = 0,6022137 \times 10^{24} \text{ mol}^{-1}$

Kaasuvakio, $R = 8,3144 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $R = 0,082057 \text{ dm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$;
 $R = 1,9872 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Faradayn vakio, $F = eN_A = 96,485 \times 10^3 \text{ C mol}^{-1}$

Muunnoskertoimia

1 atm = 760 mmHg = 760 Torr = 101,325 kPa; 1 bar = 100 kPa

1 cal = 4,184 J

1 J = 10⁷ erg = 1 VC; 1 erg = 1 dyn · cm = 10⁻⁷ Nm

1 eV = 0,1602177 · 10⁻¹⁸ J; = 96,485 kJ mol⁻¹

1 D = 10⁻¹⁸ esu cm = 3,335640 · 10⁻³⁶ Cm
(esu - electrostatic unit; D - Debye-yksikkö)

1 S = Ω⁻¹; 1 T = 1 Vs m⁻² = 10⁴ G (T - Tesla, G - Gauss)

Lämpötila	293 K	298 K
(ln 10)RTF ⁻¹	58,2 mV	59,2 mV

Ionien molaarisia konduktiivisuuksia, λ, äärettömän laimeassa vesiliuoksessa lämpötilassa 25 °C

Ionien molaarisen konduktiivisuuden λ(i), ja ekvivalenttikonduktiivisuuden, λ_{ekv(i)}, välillä on voimassa yhtälö λ(i) = |z_i| · λ_{ekv(i)}, jossa z_i on ko. ionin varausluku. Näin esim. kalsiumionille äärettömässä laimennuksessa on

$$\lambda(\text{Ca}^{2+}) = 2 \cdot \lambda_{\text{ekv}}(\text{Ca}^{2+}) = 2 \cdot 59,5 = 119 \text{ S cm}^2/\text{mol}; S = \Omega^{-1}.$$

Nykyisin suositellaan käytettäväksi suuretta molaarinen konduktiivisuus.

Ioni	λ/(Scm ² /mol)	Ioni	λ/(Scm ² /mol)
H ⁺	349,8	Ce ³⁺	209,4
Li ⁺	38,68	Pr ³⁺	208,8
Na ⁺	50,10	Nd ³⁺	208,2
K ⁺	73,50	Sm ³⁺	205,5
Rb ⁺	77,81	Gd ³⁺	201,9

Cs ⁺	77,26	Co(NH ₃) ₆ ³⁺	305,7
Ag ⁺	61,90	OH ⁻	198,3
Tl ⁺	74,7	F ⁻	55,4
NH ₄ ⁺	73,55	Cl ⁻	76,35
N(CH ₃) ₄ ⁺	44,92	ClO ₃ ⁻	64,6
N(C ₂ H ₅) ₄ ⁺	32,66	ClO ₄ ⁻	67,36
Be ²⁺	90	Br ⁻	78,14
Mg ²⁺	106,10	BrO ₃ ⁻	55,74
Ca ²⁺	119,00	I ⁻	76,84
Sr ²⁺	118,90	IO ₃ ⁻	40,54
Ba ²⁺	127,26	NO ₃ ⁻	71,46
Mn ²⁺	100	CN ⁻	82
Fe ²⁺	107	SCN ⁻	66
Co ²⁺	110	MnO ₄ ⁻	61
Ni ²⁺	110	HCOO ⁻	54,59
Cu ²⁺	107,2	CH ₃ COO ⁻	40,90
Zn ²⁺	105,6	SO ₄ ²⁻	160,04
Pb ²⁺	139,0	S ₂ O ₃ ²⁻	169,8
Al ³⁺	183	CO ₃ ²⁻	138,6
Sc ³⁺	194,1	CrO ₄ ²⁻	166
Y ³⁺	186	Fe(CN) ₆ ³⁻	302,7
La ³⁺	209,1	Fe(CN) ₆ ⁴⁻	442,0

Liukoisuustuloja

AgC ₂ H ₃ O ₂	2 x 10 ⁻³	Cr(OH) ₃	1 x 10 ⁻³⁰
Ag ₂ CO ₃	8 x 10 ⁻¹²	Cu(OH) ₂	6 x 10 ⁻²⁰
BaCO ₃	5 x 10 ⁻⁹	Fe(OH) ₂	1 x 10 ⁻¹⁵
CaCO ₃	4,8 x 10 ⁻⁹	Fe(OH) ₃	1 x 10 ⁻³⁸

CuCO ₃	1 x 10 ⁻¹⁰	Mg(OH) ₂	1 x 10 ⁻¹¹
FeCO ₃	2 x 10 ⁻¹¹	Mn(OH) ₂	4 x 10 ⁻¹⁴
MgCO ₃	1 x 10 ⁻⁵	Pb(OH) ₂	1 x 10 ⁻¹⁶
MnCO ₃	9 x 10 ⁻¹¹	Sn(OH) ₂	1 x 10 ⁻²⁶
PbCO ₃	1 x 10 ⁻¹³	Zn(OH) ₂	1 x 10 ⁻¹⁷
SrCO ₃	1 x 10 ⁻⁹	Ag ₂ SO ₄	1,2 x 10 ⁻⁵
Ag ₂ CrO ₄	1 x 10 ⁻¹²	BaSO ₄	1 x 10 ⁻¹⁰
BaCrO ₄	2 x 10 ⁻¹⁰	CaSO ₄ ·2H ₂ O	2,4 x 10 ⁻⁵
PbCrO ₄	2 x 10 ⁻¹⁴	Hg ₂ SO ₄	6 x 10 ⁻⁷
SrCrO ₄	3,6 x 10 ⁻⁵	PbSO ₄	2 x 10 ⁻⁸
AgCl	1,6 x 10 ⁻¹⁰	SrSO ₄	2,8 x 10 ⁻⁷
AgBr	4 x 10 ⁻¹³	Ag ₂ S	10 ⁻⁵¹
AgI	1 x 10 ⁻¹⁶	Bi ₂ S ₃	10 ⁻⁷²
CaF ₂	4 x 10 ⁻¹¹	CdS	10 ⁻²⁸
Hg ₂ Cl ₂	1 x 10 ⁻¹⁸	CoS	10 ⁻²¹
PbCl ₂	1,7 x 10 ⁻⁵	CuS	10 ⁻⁴⁰
PbI ₂	9 x 10 ⁻⁹	FeS	10 ⁻²²
SrF ₂	4 x 10 ⁻⁹	HgS	10 ⁻⁵⁴
BaC ₂ O ₄	1 x 10 ⁻⁷	MnS	10 ⁻¹⁶
CaC ₂ O ₄	2 x 10 ⁻⁹	NiS	10 ⁻²¹
MgC ₂ O ₄	9 x 10 ⁻⁵	PbS	10 ⁻²⁸
Al(OH) ₃	1 x 10 ⁻³³	SnS	10 ⁻²⁸
Ca(OH) ₂	8 x 10 ⁻⁶	Tl ₂ S	10 ⁻²²
Cd(OH) ₂	1,2 x 10 ⁻¹⁴	ZnS	10 ⁻²³

Standardisia elektrodipotentiaaleja vedessä 25 °C

(Perustana kansainvälisen sopimuksen mukaan on
E°(H⁺/H₂) = 0 V kaikissa lämpötiloissa)

Elektrodi	E°/V	Reaktio
Li ⁺ Li	-3,040	Li ⁺ + e = Li
K ⁺ K	-2,924	K ⁺ + e = K
Rb ⁺ Rb	-2,924	Rb ⁺ + e = Rb
Na ⁺ Na	-2,713	Na ⁺ + e = Na
Mg ²⁺ Mg	-2,356	1/2 Mg ²⁺ + e = 1/2 Mg
Al ³⁺ Al	-1,676	1/3 Al ³⁺ + e = 1/3 Al
OH ⁻ H ₂ Pt	-0,828	H ₂ O + e = 1/2 H ₂ + OH ⁻
Zn ²⁺ Zn	-0,7626	1/2 Zn ²⁺ + e = 1/2 Zn
Fe ²⁺ Fe	-0,44	1/2 Fe ²⁺ + e = 1/2 Fe
Cr ³⁺ , Cr ²⁺ Pt	-0,424	Cr ³⁺ + e = Cr ²⁺
Cd ²⁺ Cd	-0,403	1/2 Cd ²⁺ + e = 1/2 Cd
SO ₄ ²⁻ PbSO ₄ (s) Pb	-0,359	1/2 PbSO ₄ + e = 1/2 Pb + 1/2 SO ₄ ²⁻
Tl ⁺ Tl	-0,3363	Tl ⁺ + e = Tl
Br ⁻ PbBr ₂ (s) Pb	-0,280	1/2 PbBr ₂ + e = 1/2 Pb + Br ⁻
Co ²⁺ Co	-0,277	1/2 Co ²⁺ + e = 1/2 Co
Ni ²⁺ Ni	-0,257	1/2 Ni ²⁺ + e = 1/2 Ni
I ⁻ AgI(s) Ag	-0,1522	AgI + e = Ag + I ⁻
Sn ²⁺ Sn	-0,136	1/2 Sn ²⁺ + e = 1/2 Sn
Pb ²⁺ Pb	-0,1251	1/2 Pb ²⁺ + e = 1/2 Pb
H ⁺ H ₂ Pt	0	H ⁺ + e = 1/2 H ₂
TiO ²⁺ , Ti ³⁺ Pt	0,10	TiO ²⁺ + 2H ⁺ + e = Ti ³⁺ + H ₂ O
Br ⁻ AgBr(s) Ag	0,0711	AgBr + e = Ag + Br ⁻

$\text{Sn}^{4+}, \text{Sn}^{2+} \text{Pt}$	0,15	$1/2 \text{Sn}^{4+} + e = 1/2 \text{Sn}^{2+}$
$\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}^+ \text{Pt}$	0,159	$\text{Cu}^{2+} + e = \text{Cu}^+$
$\text{Cl}^- \text{AgCl(s)} \text{Ag}$	0,2223	$\text{AgCl} + e = \text{Ag} + \text{Cl}^-$
$\text{Cl}^- \text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s}) \text{Hg}$	0,2682 ¹	$1/2 \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + e = \text{Hg} + \text{Cl}^-$
$\text{Cu}^{2+} \text{Cu}$	0,340	$1/2 \text{Cu}^{2+} + e = 1/2 \text{Cu}$
$\text{OH}^- \text{O}_2 \text{Pt}$	0,401	$1/2 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e = 2 \text{OH}^-$
$\text{Cu}^+ \text{Cu}$	0,520	$\text{Cu}^+ + e = \text{Cu}$
$\text{I}^- \text{I}_2(\text{s}) \text{Pt}$	0,5355	$1/2 \text{I}_2 + e = \text{I}^-$
$\text{SO}_4^{2-} \text{Hg}_2\text{SO}_4(\text{s}) \text{Hg}$	0,613	$1/2 \text{Hg}_2\text{SO}_4 + e = \text{Hg} + 1/2 \text{SO}_4^{2-}$
$\text{H}^+ \text{kinhydroni(s)} \text{Pt}$	0,6996	$1/2 \text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 + \text{H}^+ + e = 1/2 \text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$
$\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} \text{Pt}$	0,771	$\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$
$\text{Hg}_2^{2+} \text{Hg}$	0,796	$1/2 \text{Hg}_2^{2+} + e = \text{Hg}$
$\text{Ag}^+ \text{Ag}$	0,799	$\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$
$\text{Hg}_2^{2+}, \text{Hg}_2^{2+} \text{Pt}$	0,911	$\text{Hg}_2^{2+} + e = 1/2 \text{Hg}_2^{2+}$
$\text{Br}^- \text{Br}_2(\text{l}) \text{Pt}$	1,065	$1/2 \text{Br}_2(\text{l}) + e = \text{Br}^-$
$\text{H}^+ \text{O}_2 \text{Pt}$	1,229	$1/2 \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{O}$
$\text{Ti}^{3+}, \text{Ti}^+ \text{Pt}$	1,25	$1/2 \text{Ti}^{3+} + e = 1/2 \text{Ti}^+$
$\text{Cl}^- \text{Cl}_2(\text{g}) \text{Pt}$	1,3583	$1/2 \text{Cl}_2(\text{g}) + e = \text{Cl}^-$
$\text{Pb}^{2+} \text{PbO}_2 \text{Pb}$	1,468	$1/2 \text{PbO}_2(\text{s}) + 2\text{H}^+ + e = 1/2 \text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
$\text{Au}^{3+} \text{Au}$	1,52	$1/3 \text{Au}^{3+} + e = 1/3 \text{Au}$
$\text{SO}_4^{2-} \text{PbO}_2(\text{s}) \text{PbSO}_4(\text{s}) \text{Pb}$	1,698	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2e =$ $\text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
$\text{Ce}^{4+}, \text{Ce}^{3+} \text{Pt}$	1,72	$\text{Ce}^{4+} + e = \text{Ce}^{3+}$
$\text{Co}^{3+}, \text{Co}^{2+} \text{Pt}$	1,92	$\text{Co}^{3+} + e = \text{Co}^{2+}$
$\text{F}^- \text{F}_2(\text{g}) \text{Pt}$	2,87	$1/2 \text{F}_2(\text{g}) + e = \text{F}^-$
$\text{HF}(\text{aq}) \text{F}_2(\text{g}) \text{Pt}$	3,053	$\text{H}^+ + 1/2 \text{F}_2(\text{g}) + e = \text{HF}(\text{aq})$

Kaasujen lämpökapasiteetteja muodossa

$$C_p^\ominus / (\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}) = a + b \cdot (T/\text{K}) + c \cdot (T/\text{K})^2 + d \cdot (T/\text{K})^3$$

Kaikkissa tapauksissa lämpötila-alueen alaraja on 273 K. Yläraja on annettu taulukossa.

Yhdiste	a	10 ³ b	10 ⁶ c	10 ⁹ d	Yläraja/K
H ₂	29,09	-1,916	4,00	-0,870	1800
N ₂	27,32	6,226	-0,950		3800
O ₂	25,46	15,19	-7,15	1,311	1800
CO	27,11	6,55	-1,00		3700
HF	30,13	-4,94	6,594	-1,573	2000
HCl	30,31	-7,61	13,26	-4,335	1500
H ₂ O	32,22	1,920	10,54	-3,594	1800
CO ₂	22,24	59,79	-34,98	7,464	1800
NH ₃	27,55	25,63	9,90	-6,69	1500
C ₂ H ₂	5,21	22,01	-15,59	4,349	1500
CH ₄	19,87	50,21	12,68	-11,0	1500
CH ₃ Cl	12,76	108,6	-52,05	9,62	1500
C ₂ H ₄	3,95	156,3	-83,4	17,66	1500
C ₂ H ₆	6,895	172,5	64,02	7,28	1500
C ₂ H ₅ OH	19,9	209,5	-103,7	20,04	1500
C ₆ H ₆	-36,19	484,4	-315,5	77,57	1500

¹ 1 M KCl:ään tehdyn kalomelielektrodin potentiaali on 0,281 V ja kyllästettyyn 0,242 V