

CHIMICA GENERALE CON ELEMENTI DI CHIMICA-FISICA
EDIZIONE A-L

12 settembre 2019

Esprimere tutti i risultati con tre cifre significative, tranne dove altrimenti indicato. I valori di pH vanno sempre scritti con due cifre decimali, i potenziali d'elettrodo e di cella (in volt) con tre cifre decimali. Prestare molta attenzione alle unità di misura in cui i risultati vanno espressi.

A2♦ Un campione contenente esclusivamente AgNO_3 e Ag_2CO_3 , di massa complessiva 1.2000 g, viene solubilizzato e sottoposto a elettrolisi per recuperare quantitativamente l'argento contenuto. Sapendo che il campione fornisce 0.8000 g di metallo, calcolarne la composizione percentuale in massa.

$$C_{\text{AgNO}_3} = \underline{78.5} \% \quad C_{\text{Ag}_2\text{CO}_3} = \underline{21.5} \%$$

Calcolare inoltre la massa di $\text{Be}(\text{NO}_3)_2$ che è necessario aggiungere a 1.3000 g della miscela descritta affinché la concentrazione percentuale in massa dello ione nitrato raddoppi.

$$m_{\text{Be}(\text{NO}_3)_2} = \underline{1.0381} \text{ g} \quad (\text{esprimere il risultato con quattro cifre decimali})$$

A3♦ Le soluzioni di acqua ossigenata liberano ossigeno molecolare secondo la reazione (da bilanciare):



100 mL di due soluzioni di acqua ossigenata (A e B) sviluppano rispettivamente 400 e 800 mL di ossigeno, misurati alla temperatura di 25.0°C e alla pressione di 770 mmHg. Calcolare la concentrazione delle due soluzioni.

$$[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{A}} = \underline{11.3} \text{ g/L} \quad [\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{B}} = \underline{22.5} \text{ g/L}$$

Volendo preparare una soluzione di acqua ossigenata di concentrazione pari a 0.400 mol/L, calcolare il volume di soluzione B che è necessario aggiungere a 150 mL di soluzione A.

$$V_{\text{B}} = \underline{39.2} \text{ mL}$$

A5♦ L'analisi elementare di un solido organico non volatile ha fornito la seguente composizione percentuale: C 42.05%, H 5.13%, Cl 22.57%, F 30.24%. Calcolare la formula minima del composto.

$$\text{C } \underline{11} \text{ H } \underline{16} \text{ Cl } \underline{2} \text{ F } \underline{5}$$

Sapendo che 250 mg del solido disciolti in 1.250 g di tetracloruro di carbonio (la cui costante ebullioscopica è $K_b = 5.03^\circ\text{C kg/mol}$) determinano un innalzamento del punto di ebollizione di 3.20°C, calcolare la massa molare e quindi la formula molecolare del composto.

$$M_r = \underline{314} \text{ g/mol} \quad \text{C } \underline{11} \text{ H } \underline{16} \text{ Cl } \underline{2} \text{ F } \underline{5}$$

A6♦ Calcolare il pH di una soluzione di un acido diprotico H_2A di concentrazione $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, sapendo che la prima ionizzazione acida è completa e che la seconda costante di ionizzazione acida è $K_{a2} = 3.00 \times 10^{-2}$. (Suggerimento: è indispensabile risolvere l'equazione di 2° grado.)

$$\text{pH} = \underline{2.42}$$

Calcolare inoltre la concentrazione all'equilibrio di tutte le specie indicate.

$$[\text{H}_2\text{A}] = \underline{0} \text{ mol/L} \quad [\text{HA}^-] = \underline{2.24 \times 10^{-4}} \text{ mol/L} \quad [\text{A}^{2-}] = \underline{1.78 \times 10^{-3}} \text{ mol/L}$$

A7♦ Calcolare il pH di una soluzione tampone ottenuta miscelando 90.0 mL di una soluzione 0.250 mol/L di HA con 60.0 mL di una soluzione 0.350 mol/L di NaA, sapendo che la costante di ionizzazione acida di HA è $K_a = 3.15 \times 10^{-6}$.

pH = 5.47

Calcolare inoltre ① la variazione (attenzione al segno!) del pH della soluzione tampone se le vengono aggiunti 25.0 mL di una soluzione 0.200 mol/L di HCl e ② il volume di una soluzione 0.400 mol/L di NaOH che determinano una variazione del pH della soluzione tampone di +0.20.

① $\Delta\text{pH} = \underline{-0.21}$ ② $V_{\text{NaOH}} = \underline{12.4}$ mL

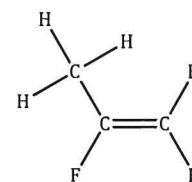
A8♦ Calcolare la solubilità del carbonato di litio conoscendo il suo prodotto di solubilità $K_{ps} = 5.00 \times 10^{-9}$, ammettendo di poter trascurare l'idrolisi dell'anione. Scrivere anche la formula del sale.

$s = \underline{79.6}$ mg/L carbonato di litio Li_2CO_3

Calcolare inoltre la concentrazione del catione e dell'anione (indicandone le formule).

$[\text{Li}^+] = \underline{2.15 \times 10^{-3}}$ mol/L $[\text{CO}_3^{2-}] = \underline{1.08 \times 10^{-3}}$ mol/L

A9♦ Scrivere l'equazione bilanciata per la combustione di una molecola di 2-fluoropropene $\text{C}_3\text{H}_5\text{F}(g)$ a dare $\text{CO}_2(g)$, $\text{H}_2\text{O}(g)$ e $\text{HF}(g)$. (Attenzione: alcuni coefficienti stechiometrici possono non essere interi.)



2-fluoropropene

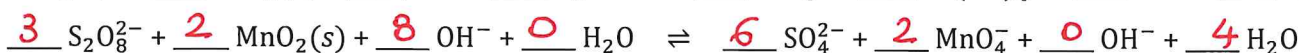
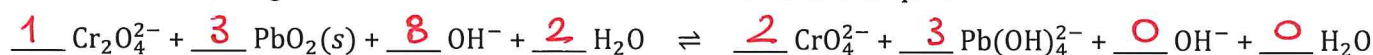
Prevedere l'entalpia di reazione a partire dai seguenti valori dell'entalpia media di legame: C-C 347, C=C 620, C-H 414, C-F 453, C=O (in CO_2) 799, F-H 568, O-H 460, O=O 499 kJ/mol.

Calcolare inoltre l'entalpia standard di combustione (sia in kJ/mol che in MJ/kg) conoscendo i seguenti valori dell'entalpia standard di formazione: $\text{C}_3\text{H}_5\text{F}(g)$ -185.7, $\text{CO}_2(g)$ -393.5, $\text{H}_2\text{O}(g)$ -241.8, $\text{HF}(g)$ -271.6 kJ/mol.

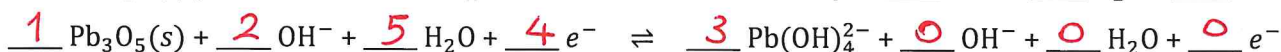
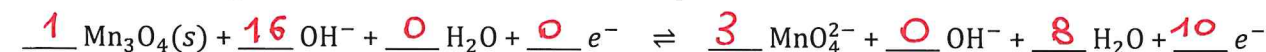
$\Delta H_r = \underline{-1716}$ kJ (dai valori di entalpia media di legame)

$\Delta H_c^\circ = \underline{-1750}$ kJ/mol $\Delta H_c^\circ = \underline{-29.13}$ MJ/kg (esprimere tutti i valori con quattro cifre significative)

A10♦ Bilanciare le seguenti reazioni di ossido-riduzione in soluzione acquosa:



Bilanciare inoltre le seguenti semireazioni in soluzione acquosa:



B2● Si consideri la reazione di decomposizione termica del solfato mercurioso solido a dare ossido mercurico solido e anidride solforosa gassosa. (Attenzione! Scrivere la reazione in modo che il coefficiente stechiometrico del solfato mercurioso sia unitario.) La pressione di vapore dell'anidride solforosa all'equilibrio vale 215.0 mmHg a 1050°C e 1245 mmHg a 1150°C. Nell'ipotesi di poter trascurare le variazioni con la temperatura dell'entalpia e dell'entropia di reazione, determinare l'entalpia, l'entropia e l'energia libera standard di reazione a T° . Stabilire anche a quale temperatura la reazione di decomposizione termica diviene spontanea.

$\Delta H_r^\circ = \underline{275.0}$ kJ $\Delta S_r^\circ = \underline{197.3}$ J/K $\Delta G_r^\circ = \underline{216.1}$ kJ $T = \underline{1120}$ °C
(esprimere tutti i risultati con quattro cifre significative)

B3● In soluzione acida, l'anione bromato reagisce con il catione manganoso a dare l'anione permanganato e il bromo molecolare (la cui solubilità in acqua è 330 mg/L). Scrivere l'equazione bilanciata che descrive questa reazione di ossido-riduzione e calcolarne la costante d'equilibrio sapendo che, in ambiente acido, i potenziali standard di riduzione per le semireazioni bromato|bromo e permanganato|catione manganoso sono +1.140 V e +1.150 V, rispettivamente. (Attenzione! Scrivere la reazione in modo che il coefficiente stechiometrico del bromo sia ½.)



$$K = \underline{0.143}$$

In 100 mL di una soluzione tamponata a pH 2.00 e mantenuta satura di bromo vengono disciolti 100 mg di bromato di potassio e 100 mg di solfato manganoso. Calcolare la concentrazione all'equilibrio delle specie indicate.

$$[\text{anione bromato}] = \underline{2.16 \times 10^{-4}} \text{ mol/L} \quad [\text{catione manganoso}] = \underline{8.50 \times 10^{-4}} \text{ mol/L}$$

$$[\text{bromo}] = \underline{2.07 \times 10^{-3}} \text{ mol/L} \quad [\text{anione permanganato}] = \underline{5.77 \times 10^{-3}} \text{ mol/L}$$

Usare esclusivamente questi valori delle masse atomiche, delle costanti fisiche e dei fattori di conversione.

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 47.88	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 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	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 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.9	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)

$$R = 0.082057 \text{ (L atm)/(K mol)} = 8.3145 \text{ J/(K mol)}$$

$$F = 96485 \text{ C/mol}$$

$$0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101.325 \text{ kPa} \quad 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

$$T^\circ = 298.15 \text{ K} \quad p^\circ = 1 \text{ atm}$$

$$\boxed{A2} \quad m \text{AgNO}_3 = x \quad m \text{Ag}_2\text{CO}_3 = y$$

$$\begin{cases} x + y = m_c \end{cases}$$

$$\begin{cases} x \frac{M_{\text{Ag}}}{M_{\text{AgNO}_3}} + y \frac{2M_{\text{Ag}}}{M_{\text{Ag}_2\text{CO}_3}} = m_{\text{Ag}} \end{cases}$$

risolvendo il sistema si trova

$$\begin{aligned} x &= \left[m_{\text{Ag}} - m_c \frac{2M_{\text{Ag}}}{M_{\text{Ag}_2\text{CO}_3}} \right] / \left[\frac{M_{\text{Ag}}}{M_{\text{AgNO}_3}} - \frac{2M_{\text{Ag}}}{M_{\text{Ag}_2\text{CO}_3}} \right] \\ &= \left[0,8 - 1,2 \cdot \frac{2 \times 107,9}{275,81} \right] / \left[\frac{107,9}{169,91} - \frac{2 \times 107,9}{275,81} \right] \\ &= 0,942507 \text{ g} \end{aligned}$$

$$C_{\text{AgNO}_3} = \frac{x}{m_c} = \frac{0,942507}{1,2} = 0,785422 = 78,5\%$$

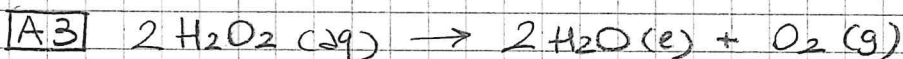
$$C_{\text{Ag}_2\text{CO}_3} = 1 - C_{\text{AgNO}_3} = 21,5\%$$

$$z = m \text{Be}(\text{NO}_3)_2$$

$$2 \times C_{\text{AgNO}_3} \frac{M_{\text{NO}_3^-}}{M_{\text{AgNO}_3}} = \frac{m_c C_{\text{AgNO}_3} \frac{M_{\text{NO}_3^-}}{M_{\text{AgNO}_3}} + z \frac{2M_{\text{NO}_3^-}}{M_{\text{Be}(\text{NO}_3)_2}}}{m_c + z}$$

risolvendo per z si trova

$$\begin{aligned} z &= \frac{m_c}{2} / \left[\frac{M_{\text{AgNO}_3}}{C_{\text{AgNO}_3} M_{\text{Be}(\text{NO}_3)_2}} - 1 \right] = \frac{1,3}{2} / \left[\frac{169,91}{0,785422 \times 133,032} - 1 \right] \\ &= 1,038095 = 1,0381 \text{ g} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ A}} &= \frac{m_{\text{H}_2\text{O}_2}}{V_{\text{soluz}}} = \frac{2n_{\text{O}_2} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}_2}}{V} = \frac{2M_{\text{H}_2\text{O}_2} \cdot p_{\text{O}_2} \cdot V_{\text{O}_2}}{RT \cdot V} \\ &= \frac{2 \times 34,016 \times (770/760) \times 0,4}{0,082057 \times 298,15 \times 0,1} = 11,2694 = 11,3 \text{ g/L} \end{aligned}$$

$$C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ B}} = 2 \times C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ A}} = 22,5388 = 22,5 \text{ g/L}$$

$$\text{perch\u00e9 } V_{\text{O}_2 \text{ B}} = 2 V_{\text{O}_2 \text{ A}}$$

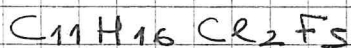
$$\text{Si } C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ C}} = 0,4 \text{ mol/L} = 13,6064 \text{ g/L}$$

$$C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ C}} = \frac{C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ A}} V_{\text{A}} + C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ B}} V_{\text{B}}}{V_{\text{A}} + V_{\text{B}}}, \text{ risolvendo per } V_{\text{B}}$$

$$V_{\text{B}} = \frac{V_{\text{A}} (C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ C}} - C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ A}})}{C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ B}} - C_{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ C}}} = \frac{150 \times (13,6064 - 11,2694)}{22,5388 - 13,6064} =$$

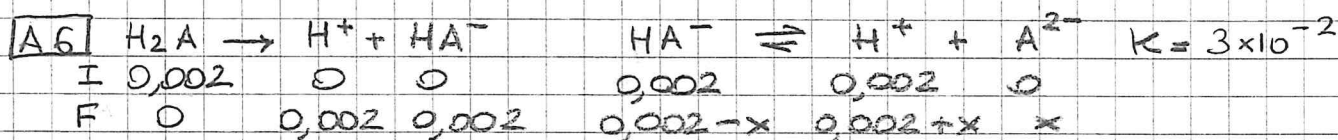
$$= 39,2448 = 39,2 \text{ mL}$$

A5	C	42,05	/M	3,50125	5,49931	11
	H	5,13	→	5,08929	7,99359	16
	Cl	22,57		0,636671	①	2
	F	30,24		1,59158	2,49985	5



$$MM = \frac{K_b \cdot m_H}{\Delta T \cdot m_s} = \frac{5,03 \times 0,25}{3,20 \times 1,25 \cdot 10^{-3}} = 314,375 = 314 \frac{g}{mol}$$

quindi la formula molecolare e quella empirica coincidono.



$$K = \frac{(C^0 + x) \cdot x}{C^0 - x} \rightarrow x^2 + (C^0 + K)x - C^0K = 0$$

$$x = \frac{-(C^0 + K) \pm \sqrt{(C^0 + K)^2 + 4C^0K}}{2} = 1,77639 \times 10^{-3}$$

$$[H^+] = C^0 + x = 3,77639 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log[H^+] = 2,42292 = 2,42$$

$$[H_2A] = 0 \quad [HA^-] = C^0 - x = 2,23610 \times 10^{-4} = 2,24 \times 10^{-4} \frac{mol}{L}$$

$$[A^{2-}] = x = 1,78 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$A7 \quad [CHA] = \frac{C^0_{HA} \cdot V_{HA}}{V_{HA} + V_{NaA}} = \frac{0,25 \times 90}{90 + 60} = 0,15 \text{ mol/L}$$

$$[C_{NaA}] = \frac{C^0_{NaA} \cdot V_{NaA}}{V_{HA} + V_{NaA}} = \frac{0,35 \times 60}{90 + 60} = 0,14 \text{ mol/L}$$

$$[H^+] = K_a \frac{[CHA]}{[C_{NaA}]} = 3,15 \times 10^{-6} \frac{0,15}{0,14} = 3,375 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$pH = -\log[H^+] = 5,47173 = 5,47$$

① + 25 mL HCl 0,2 mol/L

$$[H^+] = K_a \frac{(C^0_{HA} \cdot V_{HA} + C_{HCl} \cdot V_{HCl}) / V_{TOT}}{(C^0_{NaA} \cdot V_{NaA} - C_{HCl} \cdot V_{HCl}) / V_{TOT}}$$

$$= 3,15 \times 10^{-6} \frac{0,25 \cdot 90 + 0,2 \cdot 25}{0,35 \cdot 60 - 0,2 \cdot 25} = 5,41406 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$\Delta pH = -\log(5,41407 \cdot 10^{-6}) - 5,47173 = -0,205253 = -0,21$$

② $V_{NaOH} \ 0,4 \text{ mol/L}$ che dà $\Delta pH = + 0,20$

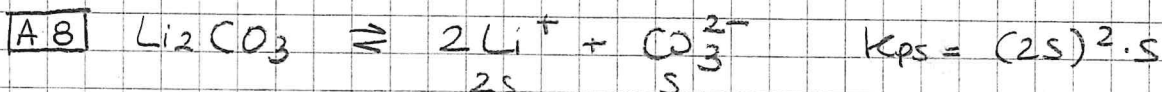
$$[H^+] = 10^{-(pH + \Delta pH)} = K_a \frac{C_{HA}}{C_{NaA}} = K_a \frac{C^{\circ}_{HA} V_{HA} - C_{NaOH} V_{NaOH}}{C^{\circ}_{NaA} V_{NaA} + C_{NaOH} V_{NaOH}}$$

risolvendo per V_{NaOH}

$$V_{NaOH} = \frac{C^{\circ}_{HA} V_{HA} - (10^{-(pH + \Delta pH)} / K_a) C^{\circ}_{NaA} \cdot V_{NaA}}{C_{NaOH} \cdot (1 + 10^{-(pH + \Delta pH)} / K_a)}$$

$$= \frac{0,25 \times 90 - (10^{-5,6773} / 3,15 \cdot 10^{-6}) 0,35 \times 60}{0,4 \times (1 + 10^{-5,6773} / 3,15 \cdot 10^{-6})}$$

$$= 12,3859 = 12,4 \text{ mL}$$



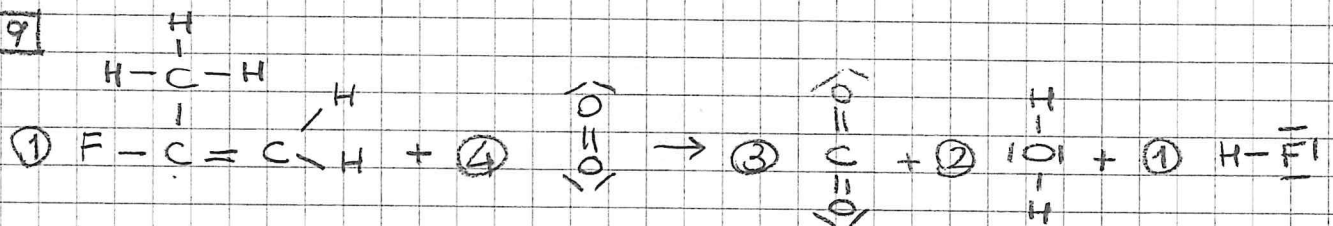
$$s = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 10^{-9}}{4}} = 1,07722 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} =$$

$$s \text{ (mg/L)} = s \text{ (mol/L)} \cdot M_{Li_2CO_3} \cdot 1000 = 1,07722 \cdot 10^{-3} \cdot 73,892 \cdot 10^3 =$$

$$= 79,5977 = 79,6 \text{ mg/L}$$

$$[Li^+] = 2s = 2,15 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \quad [CO_3^{2-}] = s = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

A9



$$\begin{array}{cccccc} 5C-H + 1C-F + 1C-C + 1C=C & 1O=O & 2C=O & 2O-H & 1H-F \\ 3490 \text{ kJ} & 4 \times 499 \text{ kJ} & 3 \times 1598 & 2 \times 920 & 1 \times 568 \end{array}$$

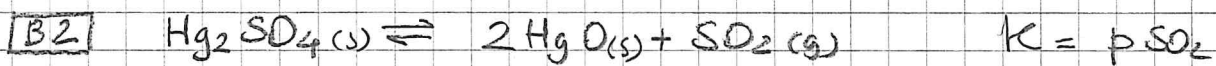
$$\Delta H_r = (3 \times 1598 + 2 \times 920 + 568) - (3490 + 4 \times 499)$$

$$= 5486 - 7202 = -1716 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_c^{\ominus} = 3 \Delta H_f^{\ominus} CO_2 + 2 \Delta H_f^{\ominus} H_2O + \Delta H_f^{\ominus} HF - \Delta H_f^{\ominus} \text{molecola} =$$

$$= 3 \times (-393,5) + 2 \times (-241,8) + (-271,6) - (-185,7) =$$

$$= -1750 \text{ kJ/mol} = \left(\frac{1 \text{ molecola}}{60,07 \text{ g/mol}} \right) = -29,1327 = -29,13 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$



$T_1 = 1050^\circ\text{C} = 1323.15\text{K} \quad p_1 = 215\text{ mmHg} = 0,282895\text{ atm}$

$T_2 = 1150^\circ\text{C} = 1423.15\text{K} \quad p_2 = 1245\text{ mmHg} = 1,63816\text{ atm}$

dalla van 't Hoff:

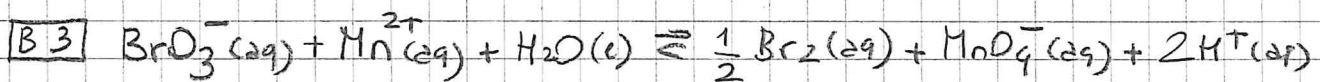
$$\Delta H_r^\ominus = - \frac{R \ln(K_1/K_2)}{(1/T_1 - 1/T_2)} = - \frac{8,3145 \cdot 10^{-3} \ln(215/1245)}{(1/1323,15 - 1/1423,15)} = 274,968 = 275,0\text{ kJ}$$

$$\Delta G_1 = -RT_1 \ln K_1 = -8,3145 \cdot 10^{-3} \cdot 1323,15 \cdot \ln 0,282895 = 13,8912\text{ kJ}$$

$$\Delta S_r^\ominus = - \frac{\Delta G_1 - \Delta H_r^\ominus}{T_1} = - \frac{13,8912 - 275}{1323,15} \cdot 1000 = 197,315 = 197,3 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta G_r^\ominus = \Delta H_r^\ominus - T^\ominus \Delta S_r^\ominus = 274,968 - 298,15 \cdot \frac{197,315}{1000} = 216,139 = 216,1\text{ kJ}$$

$$T = \frac{\Delta H_r^\ominus}{\Delta S_r^\ominus} = \frac{274968}{197,315} = 1393,55\text{K} = 1120^\circ\text{C}$$



$n = 5 \quad \Delta E^\ominus = E^\ominus_{\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2} - E^\ominus_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = 1,140 - 1,150 = -0,010\text{V}$
non spontanea

$$K = \exp(nFE^\ominus/RT) = \exp(5 \times 96485 \times (-0,01) / (8,3145 \times 298,15)) = 0,142834 = 0,143$$

$S_{\text{Br}_2} = 330\text{ mg/L} = 2,06508 \cdot 10^{-3}\text{ mol/L}$

$$C^\ominus_{\text{BrO}_3^-} = \frac{m \text{KBrO}_3}{M \text{KBrO}_3 \cdot V} = \frac{0,1}{167 \cdot 0,1} = 5,98802 \cdot 10^{-3}\text{ mol/L}$$

$$C^\ominus_{\text{Mn}^{2+}} = \frac{m \text{MnSO}_4}{M \text{MnSO}_4 \cdot V} = \frac{0,1}{151,01 \cdot 0,1} = 6,62203 \cdot 10^{-3}\text{ mol/L}$$

$$K = \frac{[\text{Br}_2]^{1/2} [\text{MnO}_4^-] [\text{H}^+]^2}{[\text{BrO}_3^-] [\text{Mn}^{2+}]} = \frac{5^{1/2} \cdot 10^{-2\text{pH}}}{(C^\ominus_{\text{BrO}_3^-} - x)(C^\ominus_{\text{Mn}^{2+}} - x)}$$

$$\frac{x}{(C^\ominus_{\text{BrO}_3^-} - x)(C^\ominus_{\text{Mn}^{2+}} - x)} = \frac{K}{\sqrt{5} \cdot 10^{-2\text{pH}}} = K' = 31431,4 \text{ da cui:}$$

$$K'x^2 - (K'C^\ominus_{\text{BrO}_3^-} + K'C^\ominus_{\text{Mn}^{2+}} + 1)x + K'C^\ominus_{\text{BrO}_3^-} C^\ominus_{\text{Mn}^{2+}} = 0$$

$$x = 5,772 \cdot 10^{-3}\text{ mol/L}$$

$$[\text{BrO}_3^-] = C^{\circ} \text{BrO}_3^- - x = 2,16025 \cdot 10^{-4} = 2,16 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Mn}^{2+}] = C^{\circ} \text{Mn}^{2+} - x = 8,50079 \cdot 10^{-4} = 8,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Br}_2] = s = 2,07 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[\text{MnO}_4^-] = x = 5,77 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$