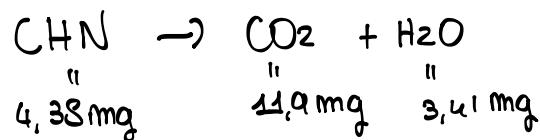


5) E' dato un composto costituito solo da carbonio, idrogeno e azoto il cui peso molecolare è 162,2. Calcolare la formula minima e la formula molecolare sapendo che dalla combustione completa di 4,38 mg di questo composto si ottengono 11,9 mg di CO<sub>2</sub> e 3,41 mg di H<sub>2</sub>O. (punti 6)

$$\text{PM} = 162,2 \quad \text{C, H, N}$$



$$\frac{11,9}{\text{PM}(\text{CO}_2)} = \frac{11,9}{44} = 0,27 \text{ millimoli di CO}_2 \\ \text{"} \qquad \qquad \qquad \text{"} \\ \text{millimoli C}$$

$$0,27 \cdot \text{PA(C)} = 0,27 \cdot 12 = 3,24 \text{ mg C}$$

$$\frac{3,41}{\text{PM}(\text{H}_2\text{O})} = \frac{3,41}{18} = 0,189 \text{ millimoli di H}_2\text{O} \\ \text{"} \qquad \qquad \qquad \text{"} \\ \frac{1}{2} \text{ millimoli H}$$

$$\text{millimoli H} = 2 \cdot 0,189 = 0,378$$

$$0,378 \cdot \text{PA(H)} = 0,378 \text{ mg H}$$

$$4,38 - 3,24 - 0,378 = 0,762 \text{ gr N}$$

$$\frac{0,762}{\text{PA(N)}} = \frac{0,762}{14} = 0,054 \text{ millimoli di N}$$

$$\text{millimoli N} < \text{millimoli C} < \text{millimoli H}$$

$\Rightarrow$  formula minima :

$$\frac{\text{millimoli C}}{\text{millimoli N}} = \frac{0,27}{0,054} = 5 \\ \Rightarrow \text{C}_5\text{H}_7\text{N}$$

$$\frac{\text{millimoli H}}{\text{millimoli N}} = \frac{0,378}{0,054} = 7$$

formula molecolare :

$$\text{PM}(\text{C}_5\text{H}_7\text{N}) = 81,1 \Rightarrow \text{PM} = 162,2 \\ \text{"} \\ (81,1 \cdot 2)$$

$$\text{PM}(\text{C}_5\text{H}_7\text{N}) = 81,1 \Rightarrow \text{FM} = \frac{104,1}{(81,1 \cdot 2)}$$



## ESAME:

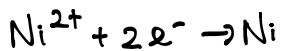
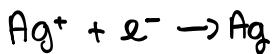
COMPITO DI PRINCIPI DI CHIMICA per ING. BIOMEDICA  
(Prof. Maria Grazia Cascone) 09/04/2019

1) La seguente pila:



è stata fatta funzionare a 25°C a corrente costante per 1 ora ed il peso del catodo è aumentato di 11,8 grammi. Calcolare l'intensità di corrente che è stata erogata e di quanto è diminuita la fem.  
(punti 6)

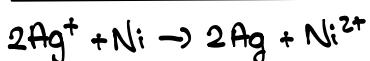
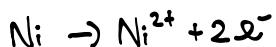
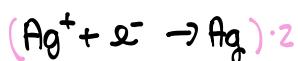
$$t = 1000 \text{ s} = 3600 \text{ sec} \quad i? \quad \Delta \text{fem}?$$



$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = \underbrace{E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ}}_{0,7996} + 0,0592 \log \frac{[\text{Ag}^+]}{0,20} = 0,758 \text{ V}$$

$$E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = \underbrace{E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^{\circ}}_{-0,257} + \underbrace{0,0592}_{2} \log \frac{[\text{Ni}^{2+}]}{0,10} = -0,2866 \text{ V}$$

$$\text{fem} = 0,758 + 0,2866 = 1,04 \text{ V}$$



$$\text{Catodo Ag} \uparrow 11,8 \text{ g} \Rightarrow \frac{11,8}{\text{PA(Ag)}} = \frac{11,8}{207,8} = 0,109 \text{ mmoli di Ag}$$

per 2 $\text{Ag}^+$  si formano 2 Ag (1/1)

⇒ quindi si sono consumate 0,109 mmoli di  $\text{Ag}^+$

per 1 mole di  $\text{Ag}^+$  si consuma 1 mole di  $\text{e}^-$

$$\Rightarrow \text{moli di } \Sigma \text{ citrate} = 0,109$$

$$i = \frac{q}{t} = \frac{nF}{t} = \frac{0,109 \cdot 96500}{3600} = 2,92 \text{ A}$$

$$[\text{Ag}^+]_{\text{eq}} = [\text{Ag}^+]_0 - [\text{Ag}^+]_{\text{consumato}} = 0,20 - 0,109 = 0,091 \text{ M}$$

↓      "      "      "  
 si consumata    0,20      0,109

$$[\text{Ni}^{2+}]_{\text{eq}} = [\text{Ni}^{2+}]_0 + [\text{Ni}^{2+}]_{\text{formate}} = 0,10 + \frac{0,109}{2} = 0,15 \text{ M}$$

↓      "      ↓  
si forma    0,10    per 2 mol di  $\text{Ag}^+$  consumate  
              "      si forma 1 mole di  $\text{Ni}^{2+}$   
              2/1     $\Rightarrow \underline{\underline{[\text{Ag}^+]}}$

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = \underbrace{E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^\circ}_{0,7996} + 0,0592 \log \frac{[\text{Ag}^+]}{0,091} = 0,738 \text{ V}$$

$$E_{Ni^{2+}/Ni} = E^{\circ}_{Ni^{2+}/Ni} + \frac{0,0592}{2} \log \underbrace{[Ni^{2+}]}_{915} = -0,281 V$$

$$f_{\text{lim2}} = 0,738 + 0,281 = 1,019 \text{ V}$$

$$\Delta_{\text{gen}} = 1,045 - 1,019 = 0,026 \text{ V}$$

2) La decomposizione termica del carbammato di ammonio (solido) è una reazione d'equilibrio:

Introducendo in un recipiente vuoto del volume di 100 litri 0,420 Kg di carbammato di ammonio si ottiene, alla temperatura di 300 K, una pressione totale d'equilibrio di 0,2 atm. Calcolare la  $K_c$ , la  $K_p$  e la quantità in grammi di carbammato che non ha reagito.

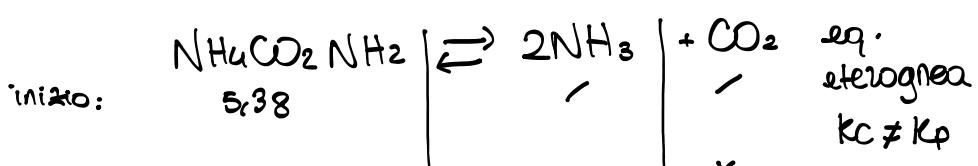
(punti 6)

$$V = 100 \text{ l}, \quad T = 300 \text{ K}, \quad P_T = 0,2 \text{ atm}$$

$K_p$ ?  $K_c$ ? qd  $\text{NH}_4\text{CO}_2\text{NH}_2$  eba man ka reagito?

0,420 kg di  $\text{NH}_4\text{CO}_2\text{NH}_2$

$$\frac{420}{PM(NH_4CO_2NH_2)} = \frac{420}{78} = 5,38 \text{ mol di } NH_4CO_2NH_2$$



inizio:	5,38				
eq. :	5,38 - x		2x	x	stewiggle $K_C \neq K_P$

$$\text{moli tot} = 3x$$

$$PV = nRT \Rightarrow \underbrace{n_T}_{\downarrow} = \frac{P_T V}{RT} = \frac{0,2 \cdot 100}{0,082 \cdot 300} = 0,813$$

(moli  $\text{NH}_3 + \text{moli CO}_2$ )

$$3x = 0,813 \Rightarrow x = 0,271$$

$$2x = 2 \cdot 0,271 = 0,542 \text{ moli di } \text{NH}_3 \text{ in } 100 \text{ L}$$

$$[\text{NH}_3] : 1 = 0,542 : 100 \Rightarrow [\text{NH}_3] = 5,42 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{CO}_2] : 1 = 0,271 : 100 \Rightarrow [\text{CO}_2] = 2,71 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$K_C = [\text{NH}_3]^2 [\text{CO}_2] = (5,42 \cdot 10^{-3})^2 \cdot (2,71 \cdot 10^{-3}) = 7,96 \cdot 10^{-8}$$

$$K_P = P_{\text{NH}_3}^2 \cdot P_{\text{CO}_2} = (0,542 \frac{RT}{V})^2 (0,271 \frac{RT}{V}) =$$

$$= (0,542)^2 0,271 \left(\frac{RT}{V}\right)^3 = 0,079 \cdot \left(\frac{0,082 \cdot 300}{100}\right)^3 =$$

$$= 1,185 \cdot 10^{-3}$$

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{nRT}{V} = 0,542 \frac{RT}{V}$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{nRT}{V} = 0,271 \frac{RT}{V}$$

- 3) L'idrogeno può essere prodotto attraverso una reazione tra zinco metallico e acido cloridrico in soluzione acquosa, ottenendo idrogeno gassoso e cloruro di zinco.
- scrivere la reazione
  - calcolare quanti grammi di zinco servono per preparare 10 litri di idrogeno gassoso a condizioni normali
  - se la soluzione di acido cloridrico che si usa è 6 M, calcolare il volume di tale soluzione necessario per produrre 10 litri di idrogeno gassoso a condizioni normali
- (punti 6)



b) 10 l di  $H_2$  in condizioni normali, gr  $Zn$ ?

$\Rightarrow$  condizioni normali

$$1 \text{ mole} = 22,4 \text{ l}$$

$$1 : 22,4 = x : 10 \Rightarrow x = 0,446 \text{ moli di } H_2$$

$$1 \text{ mole di } Zn \rightarrow 1 \text{ mole di } H_2$$

$$1 : 1 = x : 0,446 \Rightarrow x = 0,446 \text{ moli di } Zn$$

$$0,0446 \cdot PA(Zn) = 0,0446 \cdot 65,39 = 29,19 \text{ gr } Zn$$

per ottenere 10 litri di  $H_2$  a c.n.

4) Una soluzione acquosa di una base ha un volume di 1,8 litri e  $pH=11,6$ . Calcolare il volume di acqua che deve essere aggiunto per portare il pH a 11,2 se:

- a) la base è forte
- b) la base è debole con  $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$

(punti 6)

$$V = 1,8 \text{ l} \quad pH_1 = 11,6 \quad pH_2 = 11,2$$

a) base forte  $\rightarrow$  si dissoia completamente



$$pH_1 = 11,6 \rightarrow pOH = 14 - 11,6 = 2,4$$

$$[OH^-]_1 = 10^{-2,4} = 3,98 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\begin{matrix} \\ " \\ \end{matrix} [BOH]_1 = C_{B1}$$

$$pH_2 = 11,2 \rightarrow pOH = 14 - 11,2 = 2,8$$

$$[OH^-]_2 = 10^{-2,8} = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\begin{matrix} \\ " \\ \end{matrix} [BOH]_2 = C_{B2}$$

$$\frac{C_{b_1} V_1}{\frac{1,8}{3,98 \cdot 10^{-3}}} = \frac{C_{b_2} V_2}{\frac{1,8}{1,58 \cdot 10^{-3}}} \Rightarrow V_2 = \frac{3,98 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8}{1,58 \cdot 10^{-3}} = 4,53$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 4,53 - 1,8 = 2,73 \text{ l}$$

b) base debole  $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$



$$[\text{OH}^-]_1 = 3,98 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-]_2 = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$K_b = \frac{[\text{B}^+]_1 [\text{OH}^-]_1}{[\text{BOH}]_1} = \frac{[\text{OH}^-]_1^2}{C_{b_1} - [\text{B}^+]_1} = \frac{[\text{OH}^-]_1^2}{C_{b_1}}$$

$$K_b = \frac{[\text{B}^+]_2 [\text{OH}^-]_2}{[\text{BOH}]_2} = \frac{[\text{OH}^-]_2^2}{C_{b_2} - [\text{B}^+]_2} = \frac{[\text{OH}^-]_2^2}{C_{b_2}}$$

ipotesi :  $\begin{cases} [\text{OH}^-]_{\text{H}_2\text{O}} \ll [\text{OH}^-]_{\text{BOH}} \\ C_b \gg [\text{B}^+] \end{cases}$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{(3,98 \cdot 10^{-3})^2}{C_{b_1}} \Rightarrow C_{b_1} = \frac{(3,98 \cdot 10^{-3})^2}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 0,88 \text{ M}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{(1,58 \cdot 10^{-3})^2}{C_{b_2}} \Rightarrow C_{b_2} = \frac{(1,58 \cdot 10^{-3})^2}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 0,138 \text{ M}$$

• verifica ipotesi :

$$\begin{cases} [\text{OH}^-]_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{10^{-14}}{3,98 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^{-11}}{3,98} \ll [\text{OH}^-]_{\text{BOH}} \text{ OK} \\ [\text{OH}^-]_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{10^{-14}}{1,58 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^{-11}}{1,58} \ll [\text{OH}^-]_{\text{BOH}} \text{ OK} \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} [\text{OH}^-]_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{10^{-14}}{1,58 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^{-11}}{1,58} \ll [\text{OH}^-]_{\text{sol}} \text{OK} \\ [\text{B}^+]_1 = [\text{OH}^-]_1 = 3,98 \cdot 10^{-3} \ll 0,88 = \text{Cb}_1 \text{ OK} \\ [\text{B}^+]_2 = [\text{OH}^-]_2 = 1,58 \cdot 10^{-3} \ll 0,138 = \text{Cb}_2 \text{ OK} \end{array} \right.$$

$$\frac{\frac{1,8}{''}}{\frac{0,88}{''}} = \frac{\text{Cb}_1}{\text{Cb}_2 \sqrt{2}} \Rightarrow V_2 = \frac{0,88 \cdot 1,8}{0,138} = 11,47$$

$$\Delta V = 11,47 - 1,8 = 9,67 \text{ l}$$

5) Un campione di gas "freon" contiene il 9,92% di carbonio, il 58,68% di cloro e il 31,4% di fluoro (percentuali in peso). Sapendo che 25 g di questo gas occupano un volume di 4,63 litri a c.n. determinare la formula minima e la formula molecolare del freon.

(punti 6)

9,92% C

25 gr gas occupano 4,63 l

58,68% Cl

a condizioni normali

31,4% F

1 mole = 22,4 l



$$1 : 22,4 = x : 4,63$$

$$x = 0,206 \text{ moli di gas}$$

$$\frac{\text{gr}}{\text{PM}} = \text{moli} \Rightarrow \frac{25}{0,206} = \underset{\approx 120}{119} \text{ peso molecolare gas (PM gas)}$$

$$\frac{9,92}{\text{PA(C)}} = \frac{9,92}{12} = 0,82 \text{ moli di C} \rightarrow \text{più piccolo}$$

$$\frac{58,68}{\text{PA(Cl)}} = \frac{58,68}{35,45} = 1,65 \text{ moli di Cl} \rightarrow \frac{1,65}{0,82} = 2,01$$

$$\frac{31,4}{\text{PA(F)}} = \frac{31,4}{19} = 1,65 \text{ mole di F} \rightarrow 2,01$$

formula minima:  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$

$$\text{PM}(\text{CF}_2\text{Cl}_2) = 121 \approx 120$$

formula molecolare:  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$

## ESAME:

COMPITO DI PRINCIPI DI CHIMICA PER L'INGEGNERIA  
per INGEGNERIA BIOMEDICA (Prof. Maria Grazia Cascone)

05/06/2019

1) Calcolare la f.e.m a 25°C della seguente pila:



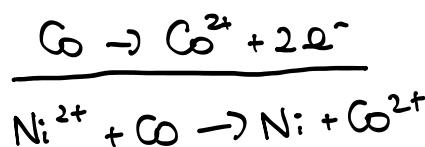
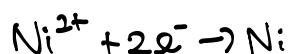
e determinare le concentrazioni delle specie ioniche a pila scarica. (punti 6)



$$E_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}} = \underbrace{E_{\text{Co}^{2+}/\text{Co}}^{\circ}}_{-0,28} + \frac{0,0592}{2} \log \frac{[\text{Co}^{2+}]}{0,10} = -0,309 \text{ V} \quad \ominus$$

$$E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = \underbrace{E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^{\circ}}_{-0,257} + \frac{0,0592}{2} \log \frac{[\text{Ni}^{2+}]}{0,20} = -0,277 \text{ V} \quad \oplus$$

$$\text{fem} = -0,277 + 0,309 = 0,031 \text{ V}$$



$$\text{a pila scarica: } K_{\text{eq}} = 10^{\frac{n \Delta E^{\circ}}{0,0592}} = 10^{\frac{2(0,031)}{0,0592}} = 5,98 > 0$$

si formano  
 $r \sim 2+7$

$$K_{eq} = \frac{[Co^{2+}]_{eq}}{[Ni^{2+}]_{eq}}$$

per 1 mole di che si consuma  
si forma 1 mole di  $Co^{2+}$  (1/1)

5,98      "       $\frac{0,10}{0,20}$   
                si consumano

$$5,98 = \frac{[Co^{2+}]_0 + x}{[Ni^{2+}]_0 - x} \Rightarrow 1,106 - 5,98x = 0,10 + x$$

$$6,98x - 1,096 = 0$$

$$x = 0,15$$

$$[Co^{2+}]_{eq} = 0,10 + 0,15 = 0,25 M$$

$$[Ni^{2+}]_{eq} = 0,20 - 0,15 = 0,05 M$$

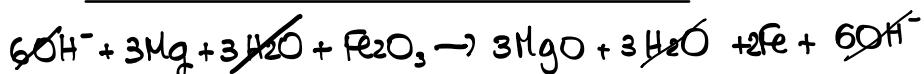
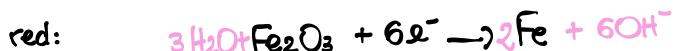
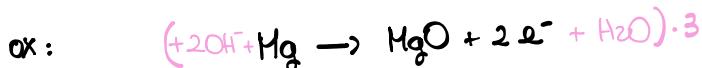
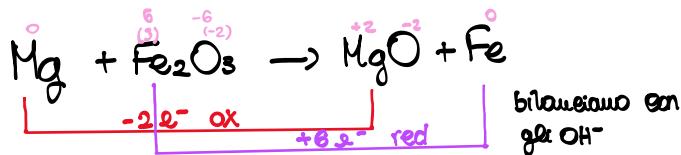
ossido ferroico

2) Data la seguente reazione (da bilanciare):  $Mg_{(s)} + Fe_2O_3 \rightarrow MgO_{(s)} + Fe_{(s)}$

Calcolare la quantità in grammi di ferro ottenibile facendo reagire 1560 g di  $Fe_2O_3$  con 720 g di Mg.

Calcolare inoltre il calore sviluppato da tale reazione sapendo che:  $\Delta H^0_f (Fe_2O_3) = -824$  KJ/mole  
 $\Delta H^0_f (MgO) = -601,2$  KJ/mole.

(punti 6)



g Fe?

$$1560 \text{ g } Fe_2O_3 \Rightarrow \frac{1560}{\text{PM}(Fe_2O_3)} = \frac{1560}{159,6} = 9,77 \text{ mol di } Fe_2O_3$$

$$720 \text{ g } Mg \Rightarrow \frac{720}{\text{PM}(Mg)} = \frac{720}{24,30} = 29,6 \text{ mol di Mg}$$

$$\frac{9,77}{1} = \underbrace{9,77}_{R.L.}, \quad \frac{29,6}{3} = 9,87$$

C.S. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

$$1 : 2 = 9,87 : x \Rightarrow x = 19,54 \text{ moli Fe}$$

$$19,54 \cdot \text{PA(Fe)} = 19,54 \cdot 55,85 = 1091,3 \text{ g Fe}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{Fe}_2\text{O}_3) = -824 \text{ kJ/mole}$$

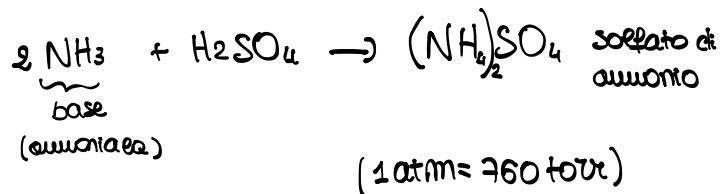
$$\Delta H_f^\circ(\text{MgO}) = -601,2 \text{ kJ/mole}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_r^\circ &= 3\Delta H_f^\circ(\text{MgO}) - \Delta H_f^\circ(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3(-601,2) + 824 \\ &= -979,9 \text{ kJ/mole}\end{aligned}$$

3) Una quantità pari a 4,92 g di solfato di ammonio, non puro per la presenza di sostanze inerti, viene trattata con una soluzione acida e fra i prodotti si ottengono 0,45 litri di azoto misurati a 18°C e 720 torr. Calcolare il grado di purezza del solfato di ammonio, esprimendolo come percentuale in peso.  
(punti 6)

4,92 g di solfato di ammonio

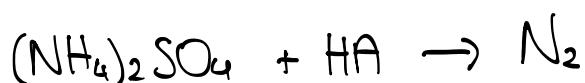
Solfato di ammonio :



$$0,45 \text{ l di N}_2 \quad t = 18^\circ\text{C}, \quad P = 720 \text{ torr} = 0,94 \text{ atm}$$

" 291,15 K

$$\text{moli N}_2 = n_{\text{N}_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{0,94 \cdot 0,45}{0,082 \cdot 291,15} = 0,017$$



da 1 mole di  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow$  1 mole di  $\text{N}_2$

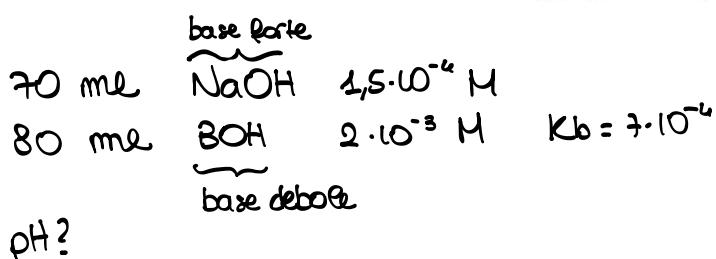
$$\text{moli } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 0,017$$

$$0,017 \cdot \text{PM}((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 0,017 \cdot 132 = 2,244 \text{ g}$$

$$2,244 : 4,92 = x : 100 \Rightarrow x = 46,60\% \\ (\text{grado di purezza})$$

4) Calcolare il pH di una soluzione ottenuta mescolando 70 ml di una soluzione  $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$  di NaOH con 80 ml di una soluzione  $2 \cdot 10^{-3} \text{ M}$  di una base debole BOH con  $K_b = 7 \cdot 10^{-4}$ .  
idrossido di sodio

(punti 6)



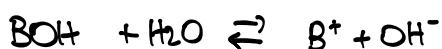
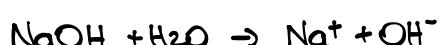
$$V_T = 70 + 80 = 150 \text{ ml}$$

$$1,5 \cdot 10^{-4} : 1000 = x : 70 \Rightarrow x = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ molei} \\ \text{in 70 ml}$$

$$1,05 \cdot 10^{-5} : 150 = y : 1000 \Rightarrow y = 7 \cdot 10^{-5} \text{ M} \\ C_{\text{BOH}}$$

$$2 \cdot 10^{-3} : 1000 = z : 80 \Rightarrow z = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ molei}$$

$$1,6 \cdot 10^{-4} : 150 = w : 1000 \Rightarrow w = 1,07 \cdot 10^{-5} \text{ M} \\ C_{\text{BOH}}$$



$$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]} = \frac{(7 \cdot 10^{-5} + x)x}{\cancel{1,07 \cdot 10^{-3}} - \cancel{x}} = \frac{(7 \cdot 10^{-5} + x)x}{1,07 \cdot 10^{-3} - x}$$

$$7 \cdot 10^{-4} = \frac{7 \cdot 10^{-5}x + x^2}{1,07 \cdot 10^{-3} - x} \Rightarrow 7,49 \cdot 10^{-7} - 7 \cdot 10^{-4}x = 7 \cdot 10^{-5}x + x^2$$

$$x^2 + 7,7 \cdot 10^{-4} - 7,49 \cdot 10^{-7} = 0 \Rightarrow x = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[OH^-]_i = 5,6 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-5} = 6,3 \cdot 10^{-4}$$

$$pOH = -\log 6,3 \cdot 10^{-4} = 3,2$$

$$pH = 14 - 3,2 = 10,8$$

5) La  $K_p$  della reazione **ammoniaca acido solfidico**  
 idrossifugo di ammonio  $NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$   
 vale  $5 \cdot 10^{-2}$  alla temperatura di  $25^\circ C$ . In un recipiente vuoto del volume di 4 litri vengono introdotte 0,02 moli di  $NH_3$ , 0,04 moli di  $H_2S$  e una certa quantità di  $NH_4HS$  solido.  
 Calcolare:  
 a) la composizione di equilibrio della fase gassosa  
 b) la minima quantità di solido (in grammi) che deve essere utilizzata affinché si possa instaurare l'equilibrio. (punti 6)

$$K_p = 5 \cdot 10^{-2} \quad t = 25^\circ C \quad V = 4 \text{ L}$$

$$0,02 \text{ moli } NH_3 \quad \overset{\text{``}}{298,15 \text{ K}}$$

$$0,04 \text{ moli } H_2S$$

	$NH_4HS_{(s)}$	$\rightleftharpoons$	$NH_{3(g)}$	$+ H_2S_{(g)}$	$\text{eq.}$
inizio :	n		0,02	0,04	eterogeneo
eq :	$n - x$		$0,02 + x$	$0,04 + x$	moli tot = $0,06 + 2x$

a)

$$P_{NH_3} = \frac{n_{NH_3} RT}{V} = \frac{0,02 \cdot 0,082 \cdot 298,15}{4} = 0,122 \text{ atm}$$

$$P_{H_2S} = \frac{n_{H_2S} RT}{V} = \frac{0,04 \cdot 0,082 \cdot 298,15}{4} = 0,24 \text{ atm}$$

$$Q_p = P_{NH_3} \cdot P_{H_2S} = 0,122 \cdot 0,24 = 0,029$$

$$Q_p < K_p \Rightarrow \text{eq} \rightarrow$$

$$\begin{aligned} K_p &= P_{NH_3 eq} \cdot P_{H_2S eq} = (0,02+x) \frac{RT}{V} \cdot (0,04+x) \frac{RT}{V} = \\ &5 \cdot 10^{-2} = (8 \cdot 10^{-4} + 0,06x + x^2) \left( \frac{RT}{V} \right)^2 \\ &\sim 0,021 + 2,24x + 37,35x^2 = 0 \end{aligned}$$

$$x = 8,23 \cdot 10^{-3}$$

$$n_{NH_3 eq} = (0,02 + 8,23 \cdot 10^{-3}) = 0,028$$

$$n_{H_2S eq} = 0,04 + 8,23 \cdot 10^{-3} = 0,048$$

b) gr  $NH_4HS(s)$ ?

$n$  deve essere  $\geq 8,23 \cdot 10^{-3}$

quantiità minima =  $8,23 \cdot 10^{-3}$  moli

$$8,23 \cdot 10^{-3} \text{ PM}(NH_4HS) = 8,23 \cdot 10^{-3} \cdot 51 = 0,41 \text{ gr}$$

## ESAME :

COMPITO DI PRINCIPI DI CHIMICA PER L'INGEGNERIA  
per INGEGNERIA BIOMEDICA (Prof. Maria Grazia Cascone)

26/06/2019

tetraesido  
di diazoto      diossido di  
azoto

1) In un recipiente del volume di 0,4 litri vengono poste 0,84 mol di  $N_2O_4$  e 0,025 mol di  $NO_2$ .

Calcolare il grado di dissociazione di  $N_2O_4$  una volta raggiunto l'equilibrio sapendo che la  $K_c$  della reazione:



vale  $5,7 \cdot 10^{-3}$ . Calcolare inoltre come va modificato il volume del recipiente per ottenere un grado di dissociazione dimezzato.

(punti 6)

$$V = 0,4 \text{ l} \quad K_c = 57 \cdot 10^{-3}$$

0,84 mol di  $N_2O_4$

0,25 mol di  $NO_2$

$$K_c = k_p = k_x = K_n$$

↑

$$K_C = k_p = k_x = K_n$$

$$\uparrow$$

	$N_2O_4(g)$	$\xleftarrow{\quad} 2NO_2(g)$	eq. omogeneo
inizio:	0,84	0,025	
eq.:	$0,84 - 0,84\alpha$	$0,025 + 2(0,84)\alpha$	

$$\alpha = \frac{\text{no mol. dissociate}}{\text{no mol. iniziali}}$$

$$[NO_2] : 1 = 0,025 : 0,4 \Rightarrow [NO_2] = 0,0625$$

$$[N_2O_4] : 1 = 0,84 : 0,4 \Rightarrow [N_2O_4] = 2,1 M$$

$$Q_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(0,0625)^2}{2,1} = 1,86 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_C < K_C \Rightarrow \text{eq.} \rightarrow$$

$$K_C = \frac{[NO_2]_{\text{eq}}^2}{[N_2O_4]_{\text{eq}}} = \frac{(0,0625 + 1,68\alpha)/0,4}{(0,84 - 0,84\alpha)/0,4} = 5,7 \cdot 10^{-3}$$

$$[NO_2]_{\text{eq}} : 1 = (0,0625 + 2(0,84)\alpha) : 0,4$$

$$[N_2O_4]_{\text{eq}} : 1 = (0,84 - 0,84\alpha) : 0,4$$

$$K_C = K_n \left(\frac{1}{V}\right)^{\text{coeff. st.}} = \frac{K_n}{V} = \frac{(0,0625 + 1,68\alpha)^2}{(0,84 - 0,84\alpha)} \frac{1}{0,4}$$

$$2,28 \cdot 10^{-3} (0,84 - 0,84\alpha) = (0,0625 + 1,68\alpha)^2$$

$$1,91 \cdot 10^{-3} - 1,91 \cdot 10^{-3}\alpha = 6,25 \cdot 10^{-4} + 2,82\alpha^2 + 0,084\alpha$$

$$2,82\alpha^2 + 0,085\alpha - 1,28 \cdot 10^{-3}$$

$\rightarrow$   $\dots$   $\sim$  modo di discordanza

$$2,82\alpha^2 + 0,085\alpha - 1,28 \cdot 10^{-3}$$

$\alpha = 0,011 \rightarrow \underline{\text{grado di dissoluzione}}$

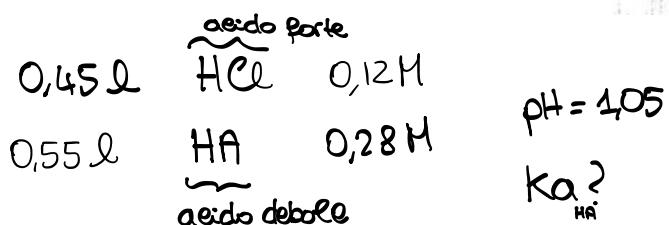
$$\frac{1}{2}\alpha = \frac{1}{2} 0,011 = 5,5 \cdot 10^{-3}$$

$$K_C = \frac{(0,025 + 1,68 \cdot 0,011)^2}{5,7 \cdot 10^{-3} (0,84 - 0,84 \cdot 0,011)} \cdot \frac{1}{V_2}$$

$$5,7 \cdot 10^{-3} = 2,27 \cdot 10^{-3} \frac{1}{V_2} \Rightarrow$$

$$V_2 = \frac{2,27 \cdot 10^{-3}}{5,7 \cdot 10^{-3}} = 0,39 \text{ l}$$

2) Una soluzione viene preparata mescolando 0,45 litri di una soluzione acquosa 0,12 M di HCl con 0,55 litri di una soluzione acquosa 0,28 M di un acido debole. Sapendo che il pH finale risulta pari a 1,05 calcolare la  $K_A$  dell'acido debole.  
(punti 6)



$$V_T = 0,45 + 0,55 = 1 \text{ l}$$

$$0,12 : 1 = X : 0,45 \Rightarrow X = 5,4 \cdot 10^{-2} \text{ moli HCl}$$

in 0,45 l

$$5,4 \cdot 10^{-2} : \frac{V_T}{1 \text{ l}} = 4 : 1 \Rightarrow Y = 5,4 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$\frac{||}{C_{HA}}$

$$0,28 : 1 : X : 0,55 \Rightarrow X = 0,154 \text{ moli HA}$$

in 0,55 l

$\frac{||}{C_{HA}}$

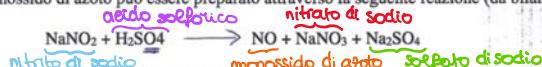
$$pH = 1,05 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-1,05} = 0,089 \text{ M}$$



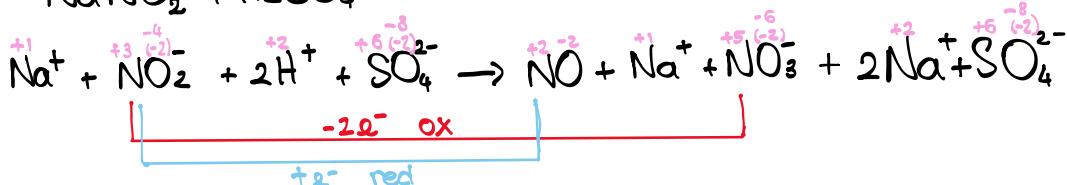
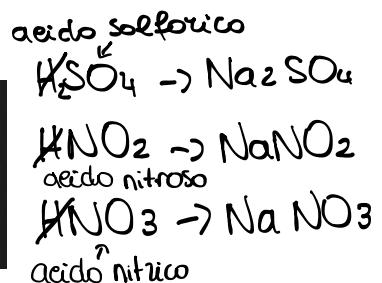
$$K_{\text{a,HA}} = \frac{\underbrace{0,089}_{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{T}}} \cdot \underbrace{[\text{A}^-]_{\text{HA}}}_{[\text{A}^-]_{\text{T}}}}{\underbrace{[\text{HA}]}_{0,154}} = \frac{0,089 \cdot 0,035}{0,154 - \underbrace{[\text{A}^-]}_{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HA}}}} = 0,026$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HA}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{T}} - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HCl}} = 0,089 - 5,4 \cdot 10^{-2} = 0,035$$

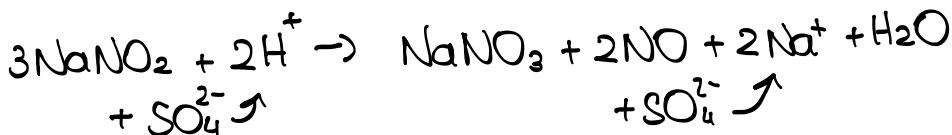
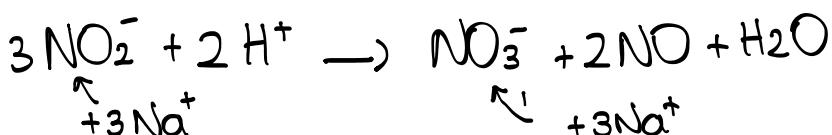
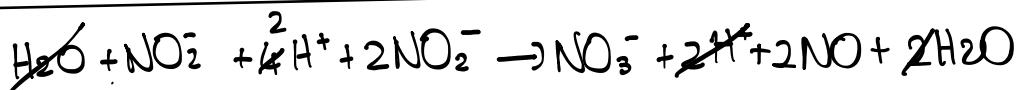
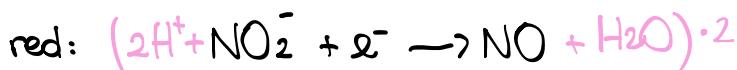
3) Il monossido di azoto può essere preparato attraverso la seguente reazione (da bilanciare):



Calcolare il volume della soluzione acquosa di  $\text{NaNO}_2$ , 0,825 M necessario per produrre 2,56 litri di monossido di azoto alla temperatura di 22°C e alla pressione di 1,25 atm. (punti 6)



seuireazione: bilancio con gli  $\text{H}^+$





$\text{NaNO}_2$  0,825M V?

2,56l NO

$T = 22^\circ\text{C}$ ,  $P = 1,25 \text{ atm}$

"  
295,15K

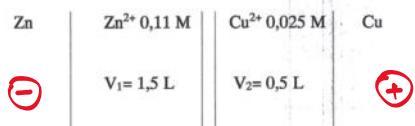
$$n_{\text{NO}} = \frac{PV}{RT} = \frac{1,25 \cdot 2,56}{0,082 \cdot 295,15} = 0,132 \text{ moli NO}$$

3 moli  $\text{NaNO}_2 \rightarrow 2$  moli NO

$$3 : 2 = x : 0,132 \Rightarrow x = 0,198 \text{ moli NaNO}_2$$

$$0,825 : 1 = 0,198 : y \Rightarrow y = 0,24 \text{ l}$$

4) Data la seguente pila:



Calcolare la fem a  $25^\circ\text{C}$  e determinare di quanto diminuisce la fem dopo che la pila ha funzionato per 8200 sec erogando una corrente costante di 250 mA.

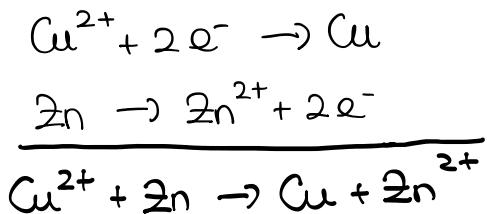
(punti 6)



$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = \underbrace{E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0}_{-0,7618} + \underbrace{\frac{0,0592}{2} \log \underbrace{[\text{Zn}^{2+}]}_{0,11}}_{-} = -0,789 \text{ V}$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = \underbrace{E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ}}_{0,3419} + \frac{0,0592}{2} \log \underbrace{[\text{Cu}^{2+}]}_{0,025} = 0,295 \text{ V} \quad \oplus$$

$$f_{\text{cell}} = 0,295 + 0,789 = 1,84 \text{ V}$$



$$q = it \Rightarrow \text{O} \underset{\downarrow}{F} = it \Rightarrow n = \frac{i \cdot t}{F} = \frac{0,25 \cdot 8200}{96500} = 2,125 \cdot 10^{-2} \text{ moli e}^-$$

per 1 mole di  $\text{Cu}^{2+}$  consumata si consumano 2 moli  $e^-$

$$0,025 : 1 = x : 0,5 \Rightarrow x = 0,0125 \text{ moli Cu}^{2+} \text{ (iniziali)}$$

$$\text{moli Cu}^{2+} \text{ consumate} = \frac{1}{2} (2,125 \cdot 10^{-2}) = 0,0106$$

$$\text{moli iniziali Cu}^{2+} - \text{moli consumate Cu}^{2+} = \text{moli finali Cu}^{2+}$$

$$0,0125 - 0,0106 = 1,9 \cdot 10^{-3}$$

$$1,9 \cdot 10^{-3} : 0,5 = x : 1 \Rightarrow x = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ M} = [\text{Cu}^{2+}]_f$$

per 1 mole di  $\text{Zn}^{2+}$  che si forma si formano 2 moli  $e^-$

$$0,11 : 1 = x : 1,5 \Rightarrow x = 0,165 \text{ moli iniziali di Zn}^{2+}$$

$$\text{moli Zn}^{2+} \text{ formate} = \frac{1}{2} (2,125 \cdot 10^{-2}) = 1,06 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{moli finali } \text{Zn}^{2+} = 0,165 + 1,06 \cdot 10^{-2} = 0,175$$

$$0,175 : 1,5 = 1 : 1 \Rightarrow \varphi = 0,117 \text{ M} = [\text{Zn}^{2+}]_f$$

$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0,761 - \frac{0,0592}{2} \log(0,117) = -0,789 \text{ V}$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0,342 - \frac{0,0592}{2} \log(3,8 \cdot 10^{-3}) = 0,270$$

$$\varphi_{\text{cell}} = 0,270 + 0,789 = 1,06 \text{ V}$$

$$\Delta \varphi_{\text{cell}} = 1,084 - 1,06 = 0,024 \text{ V}$$

- 5) L'acqua e il metanolo ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) sono due liquidi miscibili. A  $25^\circ\text{C}$  la tensione di vapore dell'acqua è di 3,17 KPa, mentre quella del metanolo è di 16,9 KPa. Calcolare la quantità in grammi di metanolo che aggiunta a 80 g di acqua, forma una soluzione la cui tensione di vapore è di 4,22 KPa. (punti 6)

$$t = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 3,17 \text{ KPa} \quad 80 \text{ gr H}_2\text{O}$$

$$P_{\text{CH}_3\text{OH}}^0 = 16,9 \text{ KPa} \quad ? \text{ g CH}_3\text{OH} ?$$

$$P_T = 4,22 \text{ KPa}$$

$$80 \text{ g H}_2\text{O} \rightarrow \frac{80}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{80}{18} = 4,44 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$P_T = P_{\text{H}_2\text{O}} + P_{\text{CH}_3\text{OH}}$$

$$P_T = P_{\text{H}_2\text{O}} X_{\text{H}_2\text{O}} + P_{\text{CH}_3\text{OH}} (X_{\text{CH}_3\text{OH}} \xrightarrow{\text{---}} 1 - X_{\text{H}_2\text{O}})$$

$$= X_{\text{H}_2\text{O}} (P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{CH}_3\text{OH}}) + P_{\text{CH}_3\text{OH}}$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_T - P_{\text{CH}_3\text{OH}}}{P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{CH}_3\text{OH}}} = \frac{4,22 - 16,9}{3,17 - 16,9} = 0,92$$

$$X_{\text{CH}_3\text{OH}} = 1 - 0,92 = 0,076$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{TOT}}} = 0,92 \Rightarrow n_{\text{TOT}} = \frac{4,44}{0,92} = 4,81$$

$$n_{\text{CH}_3\text{OH}} = n_T - n_{\text{H}_2\text{O}} = 4,81 - 4,44 = 0,37$$

$$0,37 \cdot \text{PM}(\text{CH}_3\text{OH}) = 0,37 \cdot 32 = 11,84 \text{ moli CH}_3\text{OH}$$

## ESAME:

COMPITO DI PRINCIPI DI CHIMICA PER L'INGEGNERIA  
per INGEGNERIA BIOMEDICA (Prof. Maria Grazia Cascone)

17/07/2019

1) Una soluzione acquosa di un acido HA ha un volume pari a 1,5 litri e pH=2,5.

Calcolare il volume di acqua che si deve aggiungere per portare il pH a 3 se:

- a) l'acido HA è forte
- b) l'acido HA è debole con  $K_a = 1,1 \cdot 10^{-4}$ .

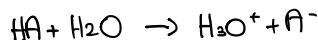
(punti 6)

$$V_1 = 1,5 \text{ l} \quad \text{pH}_1 = 2,5 \quad V_{\text{H}_2\text{O}} ? \\ \text{pH}_2 = 3$$

$$\text{pH}_1 = 2,5 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_1 = 10^{-2,5} = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pH}_2 = 3 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_2 = 10^{-3} \text{ M}$$

a) acido forte:



$$[\text{H}_3\text{O}^+]_1 = [\text{HA}] = 3,16 \cdot 10^{-3} = C_{\text{A}1}$$

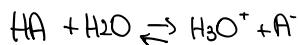
$$[\text{H}_3\text{O}^+]_2 = C_{\text{A}2} = 10^{-3}$$

$$C_{\text{A}1}V_1 = C_{\text{A}2}V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{C_{\text{A}1}V_1}{C_{\text{A}2}} = \frac{3,16 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5}{10^{-3}}$$

$$V_2 = 4,74 \text{ l}$$

$$\Delta V = 4,74 - 1,5 = 3,24$$

b) acido debole  $K_a = 1,1 \cdot 10^{-4}$



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{C_{\text{A}1} - [\text{A}^-]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{C_{\text{A}1}}$$

$$\text{ipotesi: } \left\{ \begin{array}{l} [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{H}_2\text{O}} \ll [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HA}} \\ C_{\text{A}1} \gg [\text{A}^-] \end{array} \right.$$

$$1,1 \cdot 10^{-4} = \frac{3,16 \cdot 10^{-3}}{C_{\text{A}1}} \Rightarrow C_{\text{A}1} = 28,72$$

verifica ipotesi

verifico ipotesi

$$\left\{ \begin{array}{l} [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{10^{-4}}{3,16 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^{-4}}{3,16} < 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ Ok!} \\ \text{C}_{\text{A}1} = 28,72 = 0,028 \cdot 10^{-3} \\ [\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HA}} = 3,16 \cdot 10^{-3} \end{array} \right. \quad \text{NON è verificata}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_1^2}{1,1 \cdot 10^{-4} \text{ C}_{\text{A}1} - [\text{A}^-]_1} \Rightarrow \text{C}_{\text{A}1} = 9,32 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HA}_1} = 3,16 \cdot 10^{-3}$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_2^2}{\text{C}_{\text{A}2} - [\text{A}^-]_2} \Rightarrow \text{C}_{\text{A}2} = 10^{-2} \text{ M}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{HA}_2} = 10^{-3}$$

$$\text{C}_{\text{A}1} V_1 = \text{C}_{\text{A}2} V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{9,32 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5}{10^{-2}} = 13,98$$

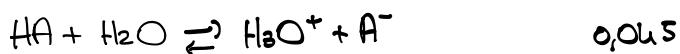
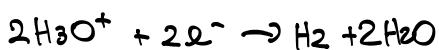
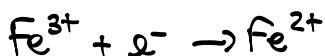
$$\Delta V = 13,98 - 1,5 = 12,48 \text{ l}$$

2) Data la seguente pila:

Pt		HA 0,025 M		Fe <sup>3+</sup> 0,045 M		Pt
H <sub>2</sub> , 1 atm		K <sub>a</sub> = 2 * 10 <sup>-6</sup>		Fe <sup>2+</sup> 0,015 M		

Calcolare la fem a 25°C e il pH nella semicella di sinistra a pila scarica

(punti 6)



$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = \underbrace{E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}}_{0,771} + \underbrace{\frac{0,0592}{2} \log \frac{\overbrace{[\text{Fe}^{3+}]}^{0,045}}{\underbrace{[\text{Fe}^{2+}]}_{0,015}}} = 0,799 \text{ V}$$

$$E_{\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2} = 0 + \underline{0,0592} \log [\text{H}_3\text{O}^+] = -0,216 \text{ V}$$

$$E_{H_3O^+/H_2} = 0 + \frac{0,0592}{2} \log \frac{[H_3O^+]}{[H_2]} = -0,216 \text{ V}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a = 0,025}$$

$\frac{2 \cdot 10^{-6}}{?}$

i potesi:

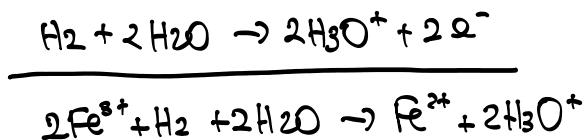
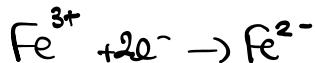
$$\begin{cases} [H_3O^+]_{H_2O} \ll [H_3O^+]_{HA} \\ C_a \gg [A^-] \end{cases}$$

$$[H_3O^+]_T = \sqrt{K_a C_a} = \sqrt{2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,025} = 2,24 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

verif:  $\alpha$  (potesi)

$$\left\{ \begin{array}{l} C_a = 0,025 \Rightarrow 2,5 \cdot 10^{-2} \\ [A^-] = [H_3O^+]_{HA} = 2,24 \cdot 10^{-4} \quad \text{OK!} \\ [H_3O^+]_{H_2O} = \frac{10^{-4}}{2,24 \cdot 10^{-4}} = \frac{10^{-10}}{2,24} \quad \text{OK!} \end{array} \right.$$

$$f_{\text{ext}} = 0,799 + 0,216 = 1,015 \text{ V}$$



a pila scarica:

$$K_{eq} = 10^{\frac{n \Delta E^\circ}{0,0592}} = 10^{\frac{2 \cdot 0,771}{0,0592}} = 1,12 \cdot 10^{26} \gg 0$$

eq  $\rightarrow$  quindi ipotizziamo  $[Fe^{3+}] \approx 0$

si formano 0,045ioni  $H_3O^+$

p.t nella semicella di sinistra:

$$[H_3O^+]_{\text{formati}} = [Fe^{3+}]_0 = 0,045$$

$$0,045 \rightarrow 2,24 \cdot 10^{-4} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{RA}}$$

"

$$4,5 \cdot 10^{-2}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_2 \approx 0,045 \rightarrow \text{pH} = -\log 0,045 = 1,35$$

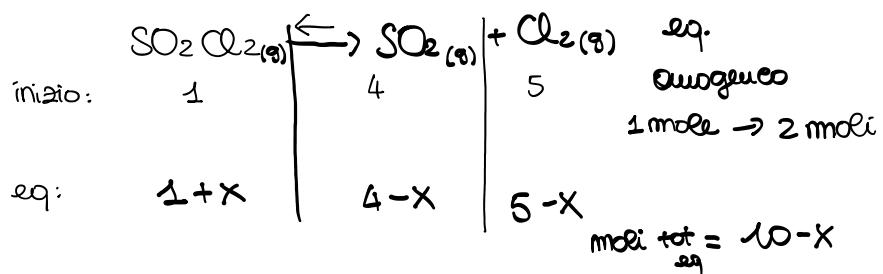
3) La  $K_p$  della reazione:



vale 2,4 a 102°C. In un recipiente mantenuto alla pressione costante di 2 atm vengono inizialmente inserite 4 mol di  $\text{SO}_2$ , 1 mole di  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  e 5 mol di  $\text{Cl}_2$ . Calcolare la composizione della miscela gassosa all'equilibrio (in termini di concentrazioni) e il volume occupato. (punti 6)

$$K_p = 2,4 \quad t = 102^\circ\text{C} \quad P = 2 \text{ atm}$$

$\stackrel{\text{"}}{375,15 \text{ K}}$



$$Q_p = \frac{P_{\text{Cl}_2} \cdot P_{\text{SO}_2}}{P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}} = \frac{X_{\text{Cl}_2} P_T \cdot X_{\text{SO}_2} P_T}{X_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} P_T} = \frac{0,5 \cdot 0,4 \cdot 2}{0,1} = 4$$

$$X_{\text{Cl}_2} = \frac{5}{10} = 0,5, \quad X_{\text{SO}_2} = \frac{4}{10} = 0,4$$

$$X_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$Q_p > K_p \quad \text{eq} \quad \leftarrow$$

$$2,4 = K_p = \frac{P_{\text{Cl}_2} \cdot P_{\text{SO}_2}}{P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}} = \frac{X_{\text{Cl}_2} P_T \cdot X_{\text{SO}_2} P_T}{P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} P_T}$$

$$X_{\text{Cl}_2\text{eq}} = \frac{(5-x)}{(10-x)}$$

$$X_{\text{SO}_2\text{eq}} = \frac{1+x}{10-x}$$

$$X_{\text{SO}_2} = \frac{4-x}{10-x}$$

$$2,4 = \frac{\frac{(5-x)(4-x)}{10-x}}{\frac{1+x}{10-x}} = \frac{(5-x)(4-x)}{(1+x)(10-x)} = \frac{(10-9x+x^2)}{10+9x-x^2} = 2$$

$$x = 0,425$$

$$\text{moli Cl}_2 = 5 - 0,425 = 4,57$$

$$\text{moli SO}_2 = 4 - 0,425 = 3,57$$

$$\text{moli SO}_2\text{Cl}_2 = 1 + 0,425 = 1,425$$

$$\text{moli tot} = n = 9,57$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{9,57 \cdot 0,082 \cdot 375,15}{2} = 147,27$$

$$[\text{SO}_2\text{Cl}_2]_{\text{eq}} : 1 = 1,425 : 147,27 \Rightarrow [\text{SO}_2\text{Cl}_2]_{\text{eq}} = 9,68 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{SO}_2]_{\text{eq}} : 1 = 3,57 : 147,27 \Rightarrow [\text{SO}_2]_{\text{eq}} = 0,024 \text{ M}$$

$$[\text{Cl}_2]_{\text{eq}} : 1 = 4,57 : 147,27 \Rightarrow [\text{Cl}_2]_{\text{eq}} = 0,031 \text{ M}$$

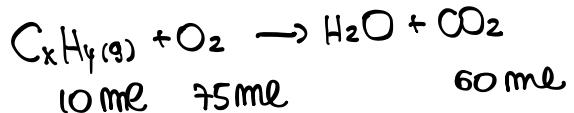
4) Ad una certa pressione P e ad una data temperatura T, un volume di 10 ml di un idrocarburo gassoso, costituito solo da carbonio e idrogeno, richiede esattamente 75 ml di ossigeno per la completa combustione. Dalla reazione si forma una certa quantità di acqua e 60 ml da CO<sub>2</sub>. Calcolare la formula molecolare dell'idrocarburo. (punti 6)

10 ml CH

75 ml O<sub>2</sub> formula molecolare?

60 ml CO<sub>2</sub>





legge di Avogadro : volumi = moli

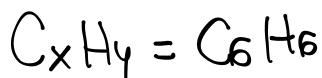
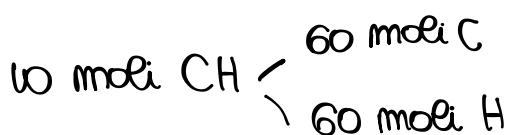
$$60 \text{ ml } CO_2 = 60 \text{ moli } CO_2 = 60 \text{ moli C}$$

$$60 \text{ ml } CO_2 = 60 \text{ moli } O_2$$

$$75 \text{ ml } O_2 = 75 \text{ moli } O_2$$

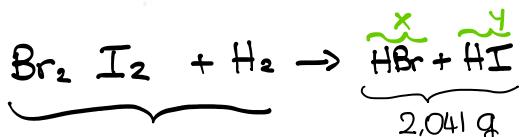
$$75 - 60 = 15 \text{ moli } O_2 = 30 \text{ moli O}$$

$$30 \text{ moli O} = 30 \text{ moli } H_2O = 60 \text{ moli H}$$



5) Una miscela gassosa di  $Br_2$  e  $I_2$ , viene fatta reagire completamente con idrogeno. Si ottengono 2,041 g di una miscela gassosa costituita da  $HBr$  e  $HI$ , che occupa un volume di 16 ml alla temperatura di  $137^\circ C$  e alla pressione di 42,08 atm. Calcolare la composizione in frazioni molari della miscela gassosa iniziale.

(punti 6)



16 ml

$t = 135^\circ C$

$408,15 \text{ K}$

$P = 42,08 \text{ atm}$

frazioni molari  
miscela iniziale ?

$$\rho V = nRT \Rightarrow n = \frac{\rho V}{RT} = \frac{42,08 \cdot 0,016}{0,082 \cdot 408,15} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ moli tor di } HBr + HI$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x \cdot \overbrace{PM(HBr)}^{81} + y \cdot \overbrace{PM(HI)}^{128} = 2,041 \\ x+y = \frac{\rho V}{RT} = 2 \cdot 10^{-2} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 81x + 128y = 2,041 \\ x+y = 2 \cdot 10^{-2} \end{array} \right. \rightarrow x = 2 \cdot 10^{-2} - y$$

$$81(2 \cdot 10^{-2} - y) + 128y = 2,041$$

$$1,62 - 814 + 284 = 2,041 \Rightarrow 474 = 0,421$$

$$y = 8,9 \cdot 10^{-3} = \text{moli HBr} = \text{moli Br}$$

$$x = 2 \cdot 10^{-2} - 8,9 \cdot 10^{-3} = 0,012 = \text{moli HI} = \text{moli I}$$

$$\text{moli I}_2 = \frac{1}{2} 8,9 \cdot 10^{-3} = 4,45 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{moli Br}_2 = \frac{1}{2} 0,012 = 5,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{moli tot} = 4,5 \cdot 10^{-3} + 5,5 \cdot 10^{-3} = 10^{-2}$$

$$X_{I_2} = \frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 0,45$$

$$X_{Br_2} = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 0,55$$

## ESAME:

COMPITO DI PRINCIPI DI CHIMICA PER L'INGEGNERIA  
per INGEGNERIA BIOMEDICA (Prof. Maria Grazia Cascone)

16/09/2019

1) Una soluzione viene preparata mescolando 0,5 litri di una soluzione 0,24 M di KOH con 0,5 litri di una soluzione acquosa di una base BOH con concentrazione 0,38 M. Sapendo che il pH finale risulta pari a 13,20 calcolare la  $K_b$  di BOH e il suo grado di dissociazione nella soluzione finale.

(punti 6)

0,5 l <sup>base forte</sup> KOH 0,24 M

0,5 l BOH 0,38 M

pH = 13,20

$K_{b_{BOH}}$ ?  $\alpha$ ?

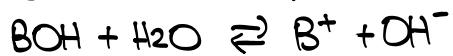
$$V_f = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ L}$$

$$0,24 : 1 = x : 0,5 \Rightarrow x = 0,12 \text{ mol di KOH} \\ \text{in } 0,5 \text{ L}$$

$$0,12 : \frac{V_f}{1} = y : 1 \Rightarrow y = 0,12 \text{ C}_b_{KOH}$$

$$0,38 : 1 = x : 0,5 \Rightarrow x = 0,19 \text{ mol di BOH} \\ \text{in } 0,5 \text{ L}$$

$$\text{C}_b_{BOH}$$



$$pH = 13,20 \Rightarrow pOH = 0,8 \Rightarrow [OH^-]_T = 10^{-0,8} = 0,158 \text{ M}$$

$$C_{b_{KOH}} = 0,12$$

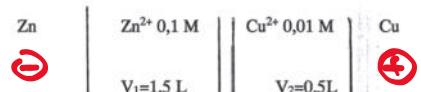
$$\frac{[OH^-]_{BOH}}{?} \frac{[OH^-]_{KOH}}{?} + [OH^-]_{BOH}$$

$$K_{b_{BOH}} = \frac{[B^+] [OH^-]_T}{[BOH]} = \frac{\frac{[B^+]}{C_{b_{BOH}}} [OH^-]_T}{\frac{[BOH]}{0,19}} = \frac{0,038 \cdot 0,158}{0,19 - 0,038} = 9,9 \cdot 10^{-2}$$

$$[OH^-]_{BOH} = 0,158 \cdot 0,12 = 0,038 \text{ M}$$

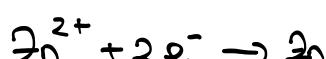
$$\alpha = \frac{[OH^-]_{BOH}}{C_{b_{BOH}}} = \frac{0,038}{0,19} = 0,2 = 20\%$$

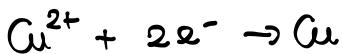
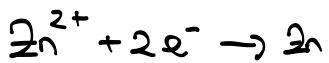
2) Data la seguente pila:



Calcolare la fem a 25°C e calcolare per quanto tempo la pila è in grado di funzionare erogando una corrente costante di 750mA.

(punti 6)

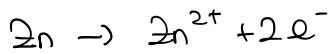
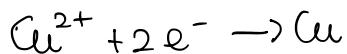




$$E_{Cu^{2+}/Cu} = \underbrace{E^0_{Cu^{2+}/Cu}}_{0,3419} + \frac{0,0592}{2} \log \underbrace{\frac{[Cu^{2+}]}{0,01}}_{\oplus} = 0,2827 V$$

$$E_{Zn^{2+}/Zn} = \underbrace{E^0_{Zn^{2+}/Zn}}_{-0,7618} + \frac{0,0592}{2} \log \underbrace{\frac{[Zn^{2+}]}{0,1}}_{\ominus} = -0,791 V$$

$$E_{cell} = 0,2827 + 0,791 = 1,0737 V$$



$$i = 750 \text{ mA} = 0,75 A \quad t?$$

$$q = i t \Rightarrow nF = it \Rightarrow t = \frac{nF}{i}$$

elettroni eziolati:

Per 1 mole di  $Cu^{2+}$  che si consuma, si consumano 2 mol di  $e^-$

$$0,01 : 1 = x : 0,5 \Rightarrow x = 5 \cdot 10^{-3} \text{ moli (di } Cu^{2+} \text{ in 0,5 l)} \text{ iniziali}$$

$$0,1 : 1 = x : 1,5 \Rightarrow x = 0,15 \text{ moli (di } Zn^{2+} \text{ in 1,5 l)} \text{ iniziali}$$

a pila scarica:

$$K_{eq} = 10^{\frac{n \Delta E^0}{0,0592}} = 10^{\frac{2(1,1)}{0,0592}} = 1,45 \cdot 10^{37} \gg 0$$

eq  $\rightarrow$  supponiamo  $[Cu^{2+}] \approx 0$

$$\text{moli } e^- \text{ eziolate} = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,01$$

$$t = \frac{nF}{i} = \frac{0,01 \cdot 96500}{0,75} = 1286,6 \text{ sec}$$

3) Introducendo in un recipiente vuoto del volume di 100 litri alla temperatura di 25°C, 2 moli di NH<sub>3</sub> e 2 moli di H<sub>2</sub>S, entrambi gassosi, si instaura il seguente equilibrio:



e la pressione totale risulta di 0,663 atm. Se invece nel recipiente si introducessero, alla stessa temperatura, 2 moli di NH<sub>3</sub> e 3 moli di H<sub>2</sub>S, quanti grammi di NH<sub>4</sub>HS si formerebbero? (punti 6)

$$V = 100 \text{ l} \quad t = 25^\circ \text{ C} = 298,15 \text{ K} \quad P_T = 0,663 \text{ atm}$$

2 moli NH<sub>3</sub>

2 moli H<sub>2</sub>S

	NH <sub>3</sub>		+ H <sub>2</sub> S	$\rightleftharpoons$	NH <sub>4</sub> HS
inizio 1:	2		2	/	
eq. 1:	2-x		2-x	x	moli tot = 4-2x
inizio 2:	2		3	/	
eq. 2:	2-y		3-y		

$$\text{moli totali} = n_T = \frac{V}{T} = \frac{0,663 \cdot 100 \text{ l}}{0,082 \cdot 298,15} = 2,71$$

$$4 - 2x = 2,71 \Rightarrow x = 0,644$$

$$K_n = \frac{1}{(2-x)(2-x)} = \frac{1}{(2-0,644)(2-0,644)} = 0,543$$

↓

t varia → quindi  $K_n$  varia

↓

$$K_n = \frac{1}{(2-y)(3-y)} = 0,543 \Rightarrow y = 1,05 \text{ moli di NH}_4\text{HS} \text{ che si formano}$$

$$1,05 \cdot \text{PM(NH}_4\text{HS)} = 1,05 \cdot 51 = 53,55 \text{ g}$$

4) L'acqua e il metanolo ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) sono due liquidi miscibili. A  $25^\circ\text{C}$  la tensione di vapore dell'acqua è di 3,17 KPa mentre quella del metanolo è di 16,9 KPa. Calcolare la quantità in grammi di acqua che deve essere aggiunta a 12,5 g di metanolo per avere una soluzione la cui tensione di vapore sia di 4,22 KPa  
(punti 6)

$$t = 25^\circ\text{C} \quad P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} = 3,17 \text{ KPa}$$

$$\text{gr H}_2\text{O?} \quad P_{\text{CH}_3\text{OH}}^{\circ} = 16,9 \text{ KPa}$$

$$12,5 \text{ g CH}_3\text{OH} \quad P_T = 4,22 \text{ KPa}$$

$$P_T = P_{\text{H}_2\text{O}} + P_{\text{CH}_3\text{OH}}$$

$$P_T = P_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} X_{\text{H}_2\text{O}} + P_{\text{CH}_3\text{OH}}^{\circ} X_{\text{CH}_3\text{OH}} \quad = 1 - X_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\begin{array}{lll} " & " & " \\ 4,22 & 3,17 & 16,9 \end{array}$$

$$4,22 = X_{\text{H}_2\text{O}} (3,17 - 16,9) + 16,9$$

$$+ \frac{12,68}{13,73} X_{\text{H}_2\text{O}} = 0,92$$

$$X_{\text{CH}_3\text{OH}} = 1 - 0,92 = 0,08$$

$$12,5 \text{ g CH}_3\text{OH} \Rightarrow \frac{12,5}{M(\text{CH}_3\text{OH})} = \frac{12,5}{32} = 0,39 \text{ mol di CH}_3\text{OH}$$

$$X_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{OH}}}{n_T} \Rightarrow n_T = \frac{0,39}{0,08} = 4,88$$

$$n_T = n_{\text{CH}_3\text{OH}} + n_{\text{H}_2\text{O}} \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{O}} = n_T - n_{\text{CH}_3\text{OH}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 4,88 - 0,39 = 4,49 \text{ mol di H}_2\text{O}$$

$$\text{gr H}_2\text{O} \Rightarrow 4,49 \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 4,49 \cdot 18 = 80,82 \text{ gr}$$

5) Una miscela gassosa di  $\text{CH}_4$  e  $\text{C}_2\text{H}_6$  occupa a condizioni normali (c.n.) un volume di 15 litri. La combustione completa della miscela con ossigeno sviluppa una quantità di calore (a  $25^\circ\text{C}$ ) pari a 725,8 KJ. Calcolare la composizione della miscela in frazioni molari e il volume totale di ossigeno necessario per la combustione (misurato a c.n.) sapendo che

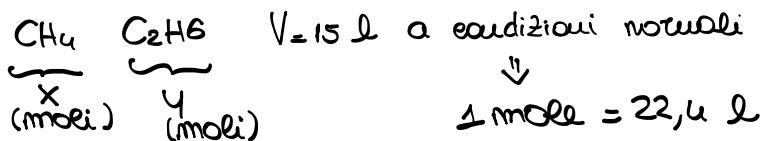
$$\Delta H_f^\circ (\text{CH}_4(g)) = -74,9 \text{ KJ/mole}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{C}_2\text{H}_6(g)) = -84,7 \text{ KJ/mole}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2(g)) = -393,5 \text{ KJ/mole}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}(l)) = -285,8 \text{ KJ/mole}$$

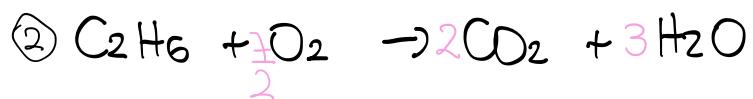
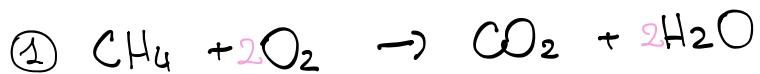
(punti 6)



$$1:22,4 = x : 15 \Rightarrow x = 0,67 \text{ mol tot}$$

$$x + y = 0,67$$

combustione:



$$\Delta \dot{H}_{\text{C}_1} = -393,5 + 2(-285,8) - (-74,0) = -890,2 \text{ kJ/mole}$$

$$\Delta \dot{H}_{\text{C}_2} = 2(-393,5) + 3(-285,8) - (-84,7) = -1559,7 \text{ kJ/mole}$$

$$\left. \begin{array}{l} x+y=0,67 \Rightarrow x=0,67-y \\ x(-890,2)+y(-1559,7)=-725,8 \\ -890,2(0,67-y)-1559,7y=-725,8 \end{array} \right. \begin{array}{l} \Rightarrow x=0,48 \text{ mole di CH}_4 \\ y=0,19 \text{ mole di C}_2\text{H}_6 \end{array}$$

$$X_{\text{CH}_4} = \frac{0,48}{0,67} = 0,72, \quad X_{\text{C}_2\text{H}_6} = \frac{0,19}{0,67} = 0,28$$

$$\text{mole O}_2 = 2x + \frac{7}{2}y = 2(0,48) + \frac{7}{2}(0,19) = 1,625$$

$$1:22,4 = 1,625:x \Rightarrow x = 36,4 \text{ litri}$$