

**Esercizio 1)** Si calcoli la molarità e la molalità di una soluzione acquosa C ottenuta mescolando 200 cc di una soluzione A di HCl (p.f. 36.46) 0.1 M avente una densità di 1.00 g/cc, con 100 cc di una soluzione B sempre di HCl al 38% in peso (su 100 grammi di soluzione 38 grammi sono di HCl), avente densità di 1.19 g/cc (si considerino additivi i volumi).

**Esercizio 2)** Si preparano due soluzioni, una di idrossido di magnesio  $Mg(OH)_2$  (1) a concentrazione  $1 \cdot 10^{-4}$  M e l'altra di acido acetico  $CH_3COOH$  (2) ( $K_a = 1.8 \cdot 10^{-5}$ ) in concentrazione  $4 \cdot 10^{-4}$  M. Si calcoli il pH, a  $25^\circ C$ , delle due soluzioni. Si calcoli inoltre il pH della soluzione (3) ottenuta mescolando alla stessa temperatura volumi uguali delle due soluzioni.

**Esercizio 3)** Calcolare il pH di una soluzione acquosa ottenuta aggiungendo 1,0 grammi di  $CH_3COONa$  a 100 ml di  $CH_3COOH$  0,1 M (considerare invariato il volume della soluzione dopo l'aggiunta).  $K_a = 1.8 \cdot 10^{-5}$

**Esercizio 4)** Determinare la quantità in grammi di ammoniaca  $NH_3$  che deve essere posta in 1 litro di una soluzione contenente  $NH_4Cl$  con una concentrazione pari a 0,732 M per avere una soluzione tampone con  $pH=9,12$ .

$$K_b(NH_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

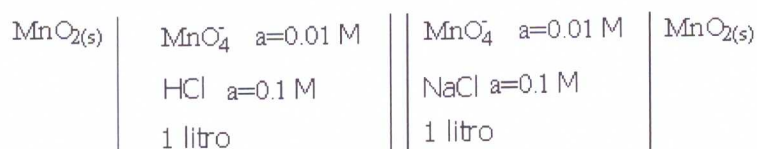
**esercizio 5)** Ad una certa temperatura 0.65 moli di  $NH_3(g)$  e 0.45 moli di  $HCl(g)$  sono introdotti in un recipiente rigido del volume di un litro. Dopo che si è stabilito l'equilibrio:



La fase solida è separate da quella gassosa e ciascuna di esse è disciolta in un litro d'acqua a  $25^\circ C$ .

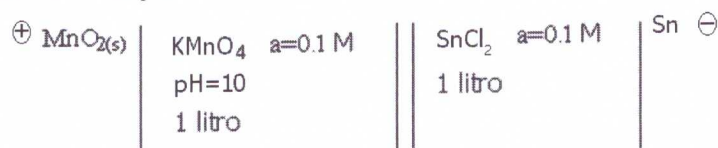
Sapendo che il pH della soluzione nella quale è stato disciolto il solido è pari a 4.98, calcolare il pH dell'altra soluzione (a  $25^\circ C$   $pK_b=4.74$ )

**Esercizio 6)** Si calcoli, a  $25^\circ C$ , la f.e.m. della pila:



Si determini inoltre la f.e.m. se alla soluzione dell'elettrodo di sinistra si aggiungono 0.1 moli di NaOH.

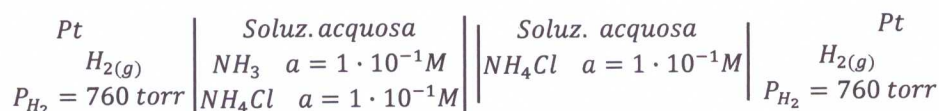
**Esercizio 7)** Si calcoli, a  $25^\circ C$ , la f.e.m. della pila:



Si determini inoltre la f.e.m. della pila dopo aver erogato una corrente costante pari a 5.36 A per 1 ora.

$$E_{Sn^{+2}/Sn}^0 = -0.14 \text{ V} \quad E_{MnO_4^-/MnO_2, OH^-}^0 = 0.59 \text{ V}$$

**Esercizio 8)** data la seguente pila:



$$K_b(NH_3) = 1.8 \cdot 10^{-5}$$

Stabilire quali sono le reazioni elettrodiche che fanno funzionare la cella elettrochimica.

- Definire la tipologia degli elettrodi.
- Stabilire che tipo di pila sia.
- Assegnare la polarità degli elettrodi.
- Calcolare la f.e.m. a  $25^\circ C$  della cella.
- Calcolare la quantità di idrogeno sviluppato in volume all'elettrodo positivo dopo il passaggio di una corrente costante pari a 1 A per 1 ora.

**Esercizio 9)** A  $25^\circ C$ , la reazione descritta dall'equazione:



presenta una variazione di energia libera standard  $\Delta G_0 = -137 \text{ kJ}$ .

Si supponga che sia possibile costruire una pila alimentata da questa reazione.

Noto che il potenziale standard  $E^0$  della coppia ossido-riduttiva  $H_2O/(H_2; OH^-)$  ha il valore di  $-0,83 \text{ V}$ ,

- Calcolare il potenziale standard della coppia ossido-riduttiva  $H^+/H_2$ .
- Scrivere le due semireazioni elettrodiche

Immaginando poi che la pila abbia funzionato per 12 ore esatte, erogando una corrente costante di  $0,10 \text{ A}$ ,

- Calcolare il volume di idrogeno, misurato a  $30^\circ C$  e  $1,0 \text{ atm}$ , che si produrrebbe.

# ESERCIZIO 1

①  $200 \text{ cc}$   $d = 1 \text{ g/cc}$   $0,1 \text{ M He}$

$200 \text{ cc} \Rightarrow 200 \text{ g}$  di soluzione

$200 \text{ cc} \Rightarrow 0,2 \text{ l} \Rightarrow 0,2 \times 0,1 = \boxed{0,02 \text{ moli He in } ①}$

$0,02 \times 36,46 = 0,73 \text{ g}$  di He

$\boxed{193,27 \text{ g di H}_2\text{O in } ①}$

②  $100 \text{ cc}$   $d = 1,13 \text{ g/cc}$

$100 \times 1,13 = 113 \text{ g}$  di soluzione

$113 \times 0,38 = 45,22 \text{ g}$  di He

$\frac{45,22}{36,46} = \boxed{1,24 \text{ moli di He in } ②}$

$113 - 45,22 = \boxed{73,78 \text{ g di H}_2\text{O in } ②}$

DOPO MESCOLAMENTO

$1,24 + 0,02 = 1,26 \text{ moli totali di He}$

$200 + 100 = 300 \text{ cc}$  volume totale =  $0,3 \text{ l}$

$193,27 + 73,78 = 273,05 \text{ g}$  di  $\text{H}_2\text{O}$  totale

$m = \frac{1,26}{0,27305} = 4,61$  ;  $M = \frac{1,26}{0,3} = 4,2$

OPPURE

$M_1 = 0,1$

$m_1 = \frac{0,02}{0,19327} = 0,1$

↓

1° SOLUZIONE

2° SOLUZIONE

↑

$M_2 = \frac{1,24}{0,1} = 12,4$

$m_2 = \frac{1,26}{0,07378} = 16,8$

DOPO MESCOLAMENTO

↓

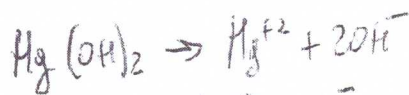
$M_3 = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2}$

$M_3 = \frac{0,1 \times 0,2 + 12,4 \times 0,1}{0,3} = 4,2$

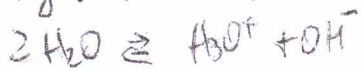
$m_3 = \frac{m_1 K_{g1} + m_2 K_{g2}}{K_{g1} + K_{g2}}$

$m_3 = \frac{0,1 \times 0,19327 + 16,8 \times 0,07378}{0,27305}$

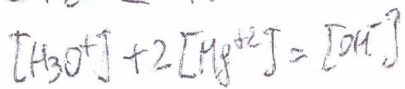
## ESERCIZIO 2



base forte  $C_b = 1 \cdot 10^{-4} \text{M}$



$$K_w = [\text{OH}^-][\text{H}_3\text{O}^+]$$



$$[\text{Hg}^{+2}] = C_b \leftarrow \text{CONDIZIONE ANALITICA}$$

$$\frac{K_w}{[\text{OH}^-]} + 2C_b = [\text{OH}^-]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}$$

$$[\text{OH}^-]^2 - 2C_b[\text{OH}^-] - K_w = 0$$

$$x^2 - 2 \cdot 10^{-4}x - 1 \cdot 10^{-14} = 0$$

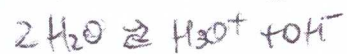
$$x = \frac{2 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{4 \cdot 10^{-8} + 4 \cdot 10^{-14}}}{2}$$

trascuro il termine  $10^{-14}$  rispetto a  $10^{-8} \Rightarrow x = 2 \cdot 10^{-4} = [\text{OH}^-]$

$$\text{pOH} = 3,69 \quad \text{pH} = 10,31$$



acido debole



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} ; C_a = [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

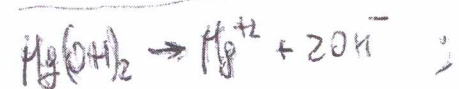
$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] ; [\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{C_a K_a}{K_a + [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} + \frac{C_a K_a}{K_a + [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

trascuro  $[\text{OH}^-]$  rispetto ad  $[\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow K_a [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = C_a K_a$

$$x^2 + K_a x - C_a K_a = 0 \quad x = \frac{-1,8 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{3,24 \cdot 10^{-10} + 4,98 \cdot 10^{-8}}}{2} \Rightarrow x = 7,63 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pH} = 4,11$$



$$[\text{OH}^-] + [\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] + 2[\text{Hg}^{+2}]$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{C_b}{2} + ([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{C_a}{2} - C_b - ([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])$$

posso trascurare  $[\text{OH}^-]$  rispetto  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  ma non posso trascurare  $([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])$  rispetto alle concentrazioni  $\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{C_a/2 - C_b - ([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])}{C_b + ([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])}$

$$\Rightarrow K_a \frac{1 \cdot 10^{-4} - [\text{H}_3\text{O}^+]}{1 \cdot 10^{-4} + [\text{H}_3\text{O}^+]} = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$x^2 + 1,18 \cdot 10^{-4}x - 1,8 \cdot 10^{-9} = 0 \quad x = 1,36 \cdot 10^{-5} \quad \text{pH} = 4,86$$

CONDIZIONI ANALITICHE

$$[\text{Hg}^{+2}] = \frac{C_b}{2} \text{ DOPO MESCOLAMENTO}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{C_a}{2}$$

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

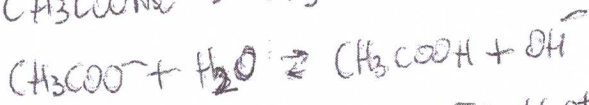
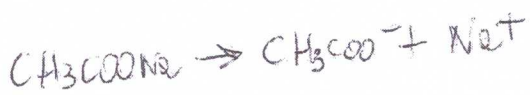
$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

se trascuro  $([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])$ ;  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{2 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-4} K_a}{1 \cdot 10^{-4}}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,8 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \text{la soluzione \u00e9 acida}$$

### ESERCIZIO 3



$$\frac{1}{(23+32+24+3)} = \frac{1}{80} = 0,0125 \text{ (moli di CH}_3\text{COONa)}$$

$$C_s = [\text{CH}_3\text{COONa}] = \frac{0,0125}{0,1} = 0,125 \text{ M}$$

$$C_a = [\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,1 \text{ M dal Testo}$$

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

CONDIZIONE ANALITICA

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}] = C_s + C_a = 0,125 + 0,1 = 0,225$$

$$\text{c.e.m. } [\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{OH}^-]$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,125 + ([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])$$

$$[\text{Na}^+] = 0,125 \text{ M}$$

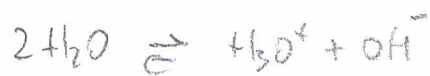
$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,225 - 0,125 - ([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \cdot \frac{0,1 - ([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])}{0,125 + ([\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{OH}^-])}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + 0,082 = 4,82$$

IN QUESTO CASO  
le concentrazioni di  
[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] e [OH<sup>-</sup>] sono  
tali da poter essere  
in prima approssimazione  
trascurate

## ESERCIZIO 4



$$[\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = K_b \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

$$[\text{Cl}^-] = C_s = 0,732 \text{ M}$$

$$[\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+] = C_b$$

$$[\text{NH}_4^+] = C_s + ([\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+])$$

$$[\text{NH}_3] = C_b - C_s - ([\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+])$$

$$\text{pH} = 9,12 \quad \text{pOH} = 4,88 \quad [\text{OH}^-] = 10^{-4,88} = 1,31 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,31 \cdot 10^{-5}} = 7,58 \cdot 10^{-10}$$

posso momentaneamente trascurare  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  rispetto  $[\text{OH}^-]$

$C_b$  deve essere  $> C_s \Rightarrow$  posso trascurare anche  $[\text{OH}^-]$

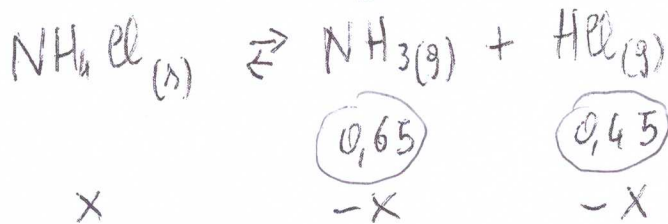
$$[\text{OH}^-] = K_b \cdot \frac{C_b - C_s}{C_s} = 1,8 \cdot 10^{-5} \frac{C_b - 0,732}{0,732}$$

$$\frac{1,31 \cdot 10^{-5} \times 0,732}{1,8 \cdot 10^{-5}} + 0,732 = C_b = 1,26 \text{ M}$$

$$1,26 \text{ moli} \times 17 \Rightarrow$$

circa 21,5 grammi

# ESERCIZIO 5



$V = 1 \text{ l}$

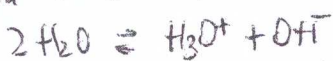
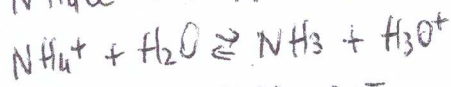
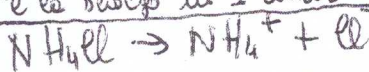
$\text{pH} = 4,98, [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4,98}$

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,047 \cdot 10^{-5}$

$K_c = \frac{K_w}{K_b} \quad K_b = 10^{-4,74} \text{ (DAL TESTO)}$

$K_c = 5,5 \cdot 10^{-10} \quad K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$

Prelevo la fase solida nella quantità pari a  $x$  e la dissolve in 1 litro.



c.e.m.  $[\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] \quad [\text{Cl}^-] = \frac{x}{1} = x$

$\frac{x[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_c + [\text{H}_3\text{O}^+]} + [\text{H}_3\text{O}^+] = x$  da cui  $x = 1,97 \cdot 10^{-1} \text{ M}$

QUI  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  È NOTA =  $1,047 \cdot 10^{-5} \text{ M}$

PRELEVO LA FASE GASSOSA E LA SCIOLTO IN 1L

anche qui il  $V = 1 \text{ l}$

$[\text{NH}_3] = 0,452 \text{ M} = C_b$  DEBOL

$[\text{HCl}] = 0,253 \text{ M} = C_a$  FORTE

$C_{\text{DEBOL}} > C_{\text{FORTE}}$

↓  
EQUAZIONE DI HENDERSON-HASSELBACH

$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$

CONDIZIONE ANALITICA

$[\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+] = 0,452 \text{ M}$

$[\text{Cl}^-] = 0,253 \text{ M}$

$[\text{NH}_4^+] = [\text{Cl}^-] + ([\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+])$

$[\text{NH}_3] = 0,452 - [\text{Cl}^-] - ([\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+])$

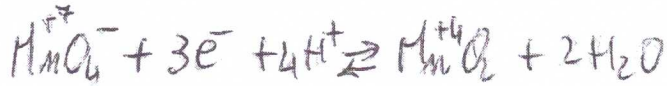
$[\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-5} \frac{0,452 - 0,253 - ([\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+])}{0,253 + ([\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+])} = 1,415 \cdot 10^{-5} \text{ M}$   
 $\text{pH} = 9,15$

SI PUÒ POI VERIFICARE CHE L'IPOTESI SEMPLIFICATIVA È VERIFICATA

QUINDI	NH <sub>3</sub>	HCl
inizio	0,65	0,45
	-0,197	-0,197
eq	0,452	0,253

QUI L'AMBIENTE È ACIDO

ESERCIZIO 6



$$[\text{H}^+] = 0,1 \text{ M}$$

$$[\text{MnO}_4^-] = 0,01 \text{ M}$$

$$E_s = E^0 + \frac{0,0591}{3} \log \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^4}{[\text{Mn}^{2+}]} \rightarrow \text{è solido}$$

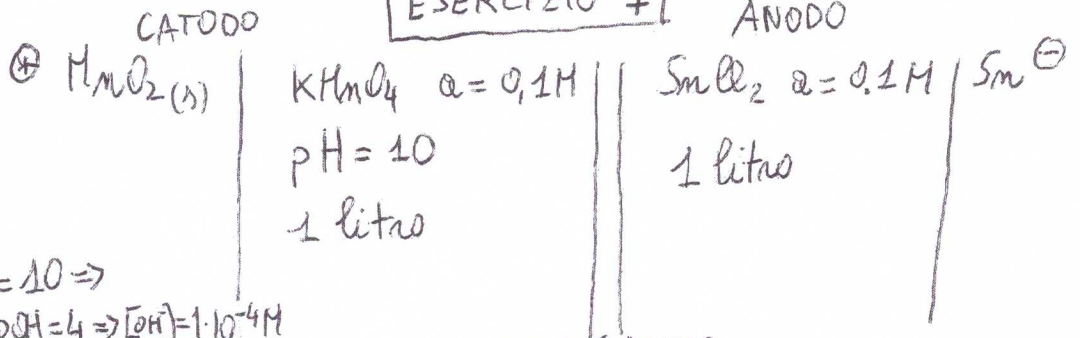
$$E_d = E^0 + \frac{0,0591}{3} \log \frac{[\text{MnO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^4}{[\text{Mn}^{2+}]} = 1$$

le soluzioni  
è neutre  
 $[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ M}$   
 $[\text{MnO}_4^-] = 0,01 \text{ M}$

$$\text{f.e.m.} = E_s^+ - E_d^- = \frac{0,0591}{3} \log \frac{[\text{H}^+]_s^4}{[\text{H}^+]_d^4} = \frac{4}{3} 0,0591 \log 10^6 =$$

QUANDO AGGIUNGO NaOH ad HCl ottengo NaCl  $1 \cdot 10^{-7}$   
 $\text{f.e.m.} = 0 \text{ V}$  ← anche a sinistra  $= 8 \times 0,0591 = 0,473 \text{ V}$

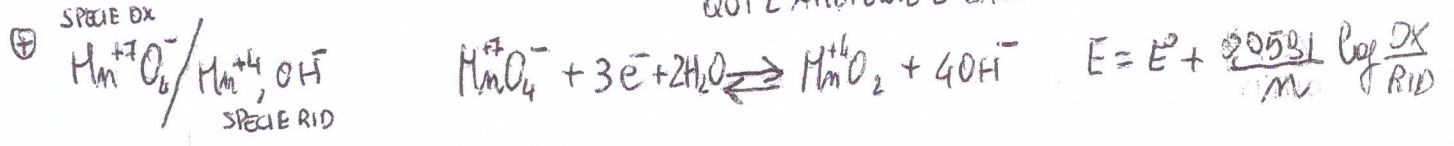
ESERCIZIO 7



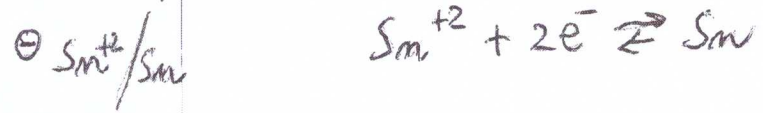
Ox: OSSIDAZIONE  
RID: RIDUZIONE

$\text{pH} = 10 \Rightarrow$   
 $\text{pOH} = 4 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-4} \text{ M}$

QUI L'AMBIENTE È BASICO



$E^\ominus = \frac{0,59}{3} + \frac{0,0591}{3} \log \frac{0,1}{(1 \cdot 10^{-4})^4} = 0,8855 \text{ V}$   
 $E^\ominus_{\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2, \text{OH}^-}$

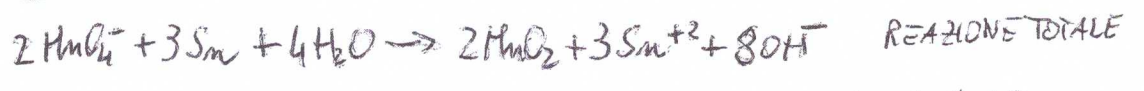
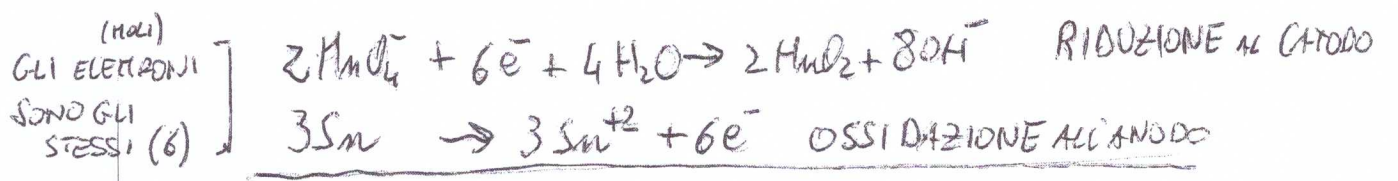


$E^\ominus = \frac{-0,14}{2} + \frac{0,0591}{2} \log \frac{0,1}{1} = -0,1635 \text{ V}$   
 $E^\ominus_{\text{Sn}^{+2}/\text{Sn}}$

$f.e.m. = 0,8855 + 0,1635 = 1,055 \text{ V}$   
 $f.e.m. = E^+ - E^-$

gli Ampere sono Coulomb/s

$5,36 \text{ A} \times 3600 \text{ s} = 19296 \text{ C}; \quad \frac{19296}{96485} = 0,2 \text{ moli di elettroni}$   
 $F$  (Faraday; carica portata da 1 mole di  $e^-$ )



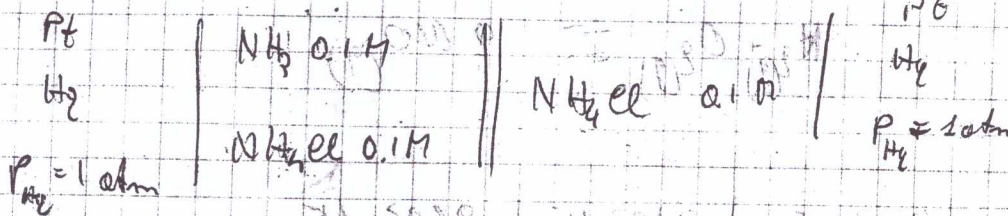
quando passano 0,2 moli di elettroni si consumano  $\frac{0,2}{3}$  moli di  $\text{MnO}_4^-$  e si producono  $0,2 \cdot \frac{4}{3}$  moli di  $\text{OH}^-$ , si producono  $\frac{0,2}{2}$  moli di  $\text{Sn}^{+2}$  quindi:

$0,1 - 0,066 = 0,033$  moli di  $\text{MnO}_4^-$  rimaste al catodo | siccome ho 1 litro le moli coincidono con la concentrazione (NUMERICAMENTE)  
 $1 \cdot 10^{-4} + 0,2666 \approx 0,2666$  moli di  $\text{OH}^-$  al catodo  
 $0,1 + 0,1 = 0,2$  moli di  $\text{Sn}^{+2}$  all'anodo

$E^\ominus = 0,59 + \frac{0,0591}{3} \log \frac{0,033}{(0,2666)^4} = 0,606 \text{ V}; \quad E^\ominus = -0,14 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{0,2}{1} = -0,16 \text{ V}; \quad f.e.m. = 0,766 \text{ V}$



# Esercizio 8



$$E_S = 0.059 \log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Soluzione tampone

$$[\text{OH}^-] = K_b = 1.8 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 5.55 \cdot 10^{-10}$$

Sostituisce nell'espressione del potenziale  $E_S$  si ha:

$$E_S = -0.546 \text{ Volt}$$

$$E_D = 0.059 \log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Soluzione di un sale  $\text{NH}_4\text{el}$  con idrolisi acida

$$[\text{H}_3\text{O}^+] + K_a [\text{NH}_4^+] - K_a E_S = 0$$

$$\left( K_a = \frac{K_w}{K_b} \right) \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 7.45 \cdot 10^{-6}$$

$$E_D = -0.302 \text{ Volt}$$

$$f. e. m = E_{\oplus} - E_{\ominus} = -302 + 0.546 = \underline{\underline{0.244 \text{ Volt}}}$$

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

Per Henderson-Hasselbalch

$$[\text{OH}^-] = K_b \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = K_b \frac{C_b}{C_s}$$

$$C_s = [\text{Cl}^-]$$

$$C_b + C_s = [\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+]$$

$$[\text{NH}_4^+] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-]$$

Siccome  $C_b$  e  $C_s \gg 1 \cdot 10^{-6} \text{ M}$  possiamo tranquillamente trascurare il termine  $([\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+])$  nella equazione.

## ESERCIZIO 9

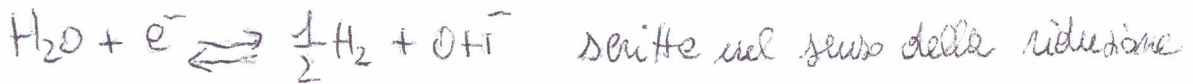
la reazione globale è la seguente



→ (di  $\text{NaH}$ )

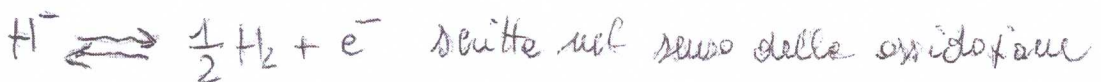
Si osserva che:  $\text{H}^-$  si ossida a  $\text{H}_2$   
 $\text{H}^+$  (dell'acqua) si riduce a  $\text{H}_2$

la semireazione che coinvolge  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{H}_2$  in ambiente basico è la seguente:



$$E^\circ_{\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2/\text{OH}^-} = -0,83 \text{ V}$$

la semireazione che coinvolge la coppia redox  $\text{H}^-/\text{H}_2$  è la seguente:



Si capisce che la reazione globale nasce dalla somma delle due semireazioni così scritte quindi:



$\Delta G^\circ$  della reazione globale (DAL TESTO)

$$\Delta G^\circ = -137000 \text{ J}$$

$$\Delta G^\circ = -n F \Delta E^\circ$$

così scritte, la reazione globale implica una mole di  $e^- \Rightarrow n = 1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta E^\circ = + \frac{137000}{96485 \cdot 1} = 1,42 \text{ V}$$

$$E^\circ_{\oplus} - E^\circ_{\ominus} = 1,42 \text{ V} \Rightarrow -0,83 - E^\circ_{\ominus} = 1,42 \text{ V}$$

$$E^\circ_{\ominus} = -2,25 \text{ V}$$

$$12 \text{ ore} = 3600 \times 12 = 43200 \text{ secondi} \quad I = 0,1 \text{ A} \Rightarrow 0,1 \cdot 43200 = 4320 \text{ Coulomb}$$

$$\Rightarrow \frac{4320}{96485} = 0,0447 \text{ moli di elettroni} = \text{moli di idrogeno } \text{H}_2 \text{ totale (dalla stechiometria)}$$

$$V = \frac{0,0447 \cdot 0,0821 \cdot 303,15}{1} = 1,11 \text{ litri}$$