



**CHIMICA GENERALE ED INORGANICA**  
**CCSS IN CHIMICA E CHIMICA INDUSTRIALE**  
**ANNO ACCADEMICO 2018/19**

**SESSIONE INVERNALE D'ESAMI, SECONDO APPELLO**  
**13 febbraio 2019**

1. Gli scarti della produzione del ferro creano un pericolo per l'ambiente perché contengono solfuri, come la pirite ( $\text{FeS}_2$ ), che si ossidano all'aria producendo ioni metallici e ioni  $\text{H}^+$  che possono inquinare le acque superficiali o di falda. L'ossidazione di  $\text{FeS}_2$  a  $\text{Fe}^{3+}$  in soluzione acquosa acida è descritta dall'equazione non bilanciata seguente:



Quindi, l'ossidazione della pirite produce ioni  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{H}^+$ , che possono disciogliersi nell'acqua. Per evitare l'acidificazione, si aggiunge calcare ( $\text{CaCO}_3$ ) agli scarti, per neutralizzare gli ioni  $\text{H}^+$ , secondo la reazione non bilanciata seguente:



- (a) Bilanciare le due equazioni, ricordando che lo stato di ossidazione del Fe nella pirite è +2.
- (b) Qual è la massa di  $\text{CaCO}_3$  richiesta, per chilogrammo di scarti, per evitare la contaminazione da  $\text{H}^+$ , se gli scarti contengono il 3% di zolfo in massa? (Assumere che tutto lo zolfo negli scarti derivi da  $\text{FeS}_2$ )
- (c) Qual è il volume di  $\text{CO}_2$  prodotto in condizioni standard per kg di scarti?
2. La  $K_B$  dell'etilammina ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ ) in soluzione acquosa è  $6.41 \times 10^{-4}$  M a  $25^\circ \text{C}$ . Calcolare il pH per la titolazione di 40.00 mL di una soluzione di etilammina 0.1000 M con  $\text{HCl}$  0.1000 M alle seguenti aggiunte di volume di acido: (a) 0; (b) 20; (c) 40; (d) 60 mL. NB Le aggiunte NON sono successive – si parta ogni volta dalla soluzione iniziale di etilammina.

3. Talvolta è possibile separare due ioni metallici mediante elettrolisi. Uno ione viene ridotto al catodo a metallo, mentre l'altro resta in soluzione. In quali di questi casi si prevede una separazione completa in soluzione acquosa neutra su catodo privo di sovratensione? Giustificare quantitativamente la risposta. (a)  $\text{Cu}^{2+}$  0.01 M e  $\text{Ag}^+$  0.5 M; (b)  $\text{Pb}^{2+}$  1 M e  $\text{Sn}^{2+}$  0.1 M; (c)  $\text{Al}^{3+}$  0.02 M e  $\text{K}^+$  0.5 M. (Una specie si considera totalmente depositata quando la sua concentrazione molare è minore o uguale a  $10^{-5}$  M.)

$$(E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0.340 \text{ V}; E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = +0.800 \text{ V}; E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^0 = -0.125 \text{ V}; E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^0 = -0.137 \text{ V}; \\ E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 = -1.706 \text{ V}; E_{\text{K}^+/\text{K}}^0 = -2.925 \text{ V})$$

**Nomenclatura inorganica**

Scrivere i nomi (almeno uno tra: IUPAC, tradizionale, di Stock se applicabile) che corrispondono alle seguenti formule:

- (a)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; (b)  $\text{Cl}_2\text{O}_3$ ; (c)  $\text{PH}_3$ ; (d)  $\text{HCN}$ ; (e)  $\text{KClO}$ ; (f)  $\text{HPO}_3$

**N.B.** Sul foglio delle soluzioni scrivere **CHIARAMENTE E IN STAMPATELLO**:

**1. NOME, COGNOME E NUMERO DI MATRICOLA**

**2. CORSO DI LAUREA**

**3. DATA**

**4. Chi intende sostenere l'esame orale tra il 18 e il 22 febbraio 2019 scriva "ORALE" in alto a destra accanto a nome e cognome.**

**Scrivere le risposte in modo ORDINATO e LEGGIBILE!**



$$\Delta m(\text{Fe}) = 1 \uparrow \quad \Delta m(\text{FeS}_2)_{\text{Fe}} = 1 \times 1 \uparrow = 1 \uparrow$$

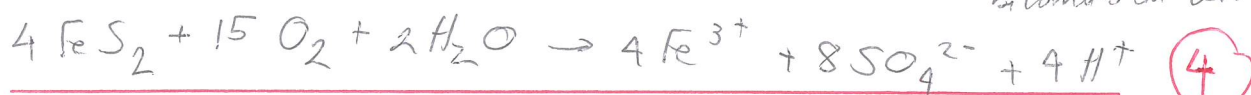
$$\Delta m(\text{S}) = 7 \uparrow \quad \Delta m(\text{FeS}_2)_{\text{S}} = 7 \uparrow \times 2 = 14 \uparrow \quad \left. \vphantom{\Delta m(\text{S})} \right\} 15 \uparrow$$

$$\Delta m(\text{O}) = 2 \downarrow \quad \Delta m(\text{O}_2) = 2 \downarrow \times 2 = 4 \downarrow$$

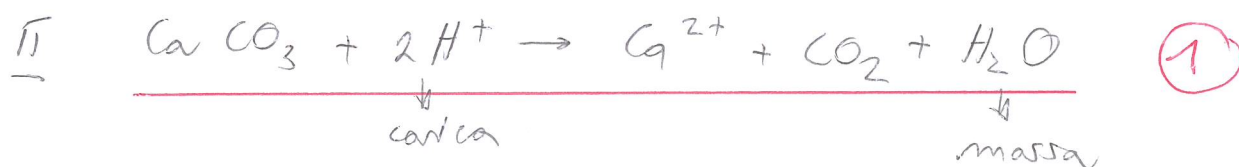
$$\text{mcm} = 60 \begin{matrix} \nearrow 4 \\ \searrow 15 \end{matrix}$$



bilancio di carica



bilancio di massa



b) Per 1 kg di scarti:  $m(\text{S}) = 0,03 \cdot 1 \text{ kg} = 0,03 \text{ kg} = 30 \text{ g}$

$$m_{\text{S}} = \frac{m_{\text{S}}}{\text{MM}_{\text{S}}} = \frac{30 \text{ g}}{32,065 \text{ g/mol}} = 0,9356 \text{ moli.}$$

$$m_{\text{FeS}_2} = \frac{m_{\text{S}}}{2} = 0,4678 \text{ moli.} = m_{\text{H}^+} \text{ prodotti dalla I reazione}$$

Dalla II reazione  $m_{\text{CaCO}_3} = \frac{1}{2} m_{\text{H}^+} = 0,2339 \text{ moli.}$

$$m_{\text{CaCO}_3} = m_{\text{CaCO}_3} \cdot \text{MM}_{\text{CaCO}_3} = 0,2339 \text{ moli.} \cdot 100,0877 \text{ g/mol}$$

$$\underline{m_{\text{CaCO}_3} = 23,41 \text{ g}} \quad (3)$$

$$c) V_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2} \cdot R \cdot T}{P}$$

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{CaCO}_3} \text{ (dalla II reazione)}$$

$$\underline{V_{\text{CO}_2}} = \frac{0,2339 \text{ moli} \cdot 0,08206 \text{ Latm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298,15 \text{ K}}{0,9869 \text{ atm (anche 1 atm va bene)}} =$$

$$\underline{= 5,80 \text{ L}} \quad (2)$$

$$2) a) [\text{OH}^-] = \sqrt{K_B C_B} = \sqrt{6,41 \cdot 10^{-4} \text{ M} \cdot 0,1000 \text{ M}} = 8,006 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = 2,0966 \quad \text{pH} = 11,9034 \quad (1)$$

$$b) n^\circ \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 = C \cdot V = 0,1000 \text{ M} \cdot 4,000 \cdot 10^{-2} \text{ L} = 4,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl,agg}} = CV = 0,1000 \text{ M} \cdot 2,000 \cdot 10^{-2} \text{ L} = 2,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$



$$\begin{array}{ccc} \text{I} & 4,0 \cdot 10^{-3} & 2,0 \cdot 10^{-3} & - \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{V} & -2,0 \cdot 10^{-3} & -2,0 \cdot 10^{-3} & 2,0 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

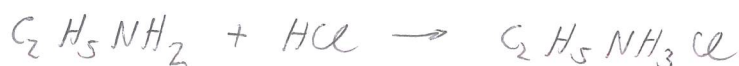
$$\begin{array}{ccc} \text{E} & 2,0 \cdot 10^{-3} & - & 2,0 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

$$\text{tampon: } [\text{OH}^-] = K_B \frac{m_B}{m_S} \quad (m_B = m_S) \quad [\text{OH}^-] = K_B$$

$$[\text{OH}^-] = 6,41 \cdot 10^{-4} \text{ M} \quad \text{pOH} = \text{p}K_B = 3,1931 \quad \text{pH} = 10,8069$$

$$c) n^\circ \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 = 4,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl,agg}} = CV = 0,1000 \text{ M} \cdot 4,000 \cdot 10^{-2} \text{ L} = 4,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$



$$\begin{array}{ccc} \text{I} & 4,0 \cdot 10^{-3} & 4,0 \cdot 10^{-3} & - \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{V} & -4,0 \cdot 10^{-3} & -4,0 \cdot 10^{-3} & 4,0 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{E} & - & - & 4,0 \cdot 10^{-3} \end{array}$$



$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_B}} C_S \quad C_S = \frac{m_S}{V_{\text{TOT}}} = \frac{4,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{8,000 \cdot 10^{-2} \text{ L}} = 5,000 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \text{ M}^2}{6,41 \cdot 10^{-4} \text{ M}} \cdot 5,000 \cdot 10^{-2} \text{ M}} = 8,8317 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 6,0540 \quad (3)$$

$$d) n^\circ \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 = 4,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl,agg}} = CV = 0,1000 \text{ M} \cdot 6,000 \cdot 10^{-2} \text{ L} = 6,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$



$$\begin{array}{ccc} \text{I} & 4,0 \cdot 10^{-3} & 6,0 \cdot 10^{-3} & - \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{V} & -4,0 \cdot 10^{-3} & -4,0 \cdot 10^{-3} & 4,0 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{E} & - & 2,0 \cdot 10^{-3} & 4,0 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

(2)



Acido forte ( $HCl$ ) e debole ( $C_2H_5NH_3^+$ ) presenti in quantità comparabili  $\rightarrow$  il pH è determinato dal solo acido forte.

$$C_{HCl, res} = \frac{n_{HCl, res}}{V_{TOT}} = \frac{2,000 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1000 \text{ L}} = 2,000 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$pH = 1,6990 \quad (2)$$

3) Soluzione neutra:  $pH = 7$

Al catodo si sviluppa idrogeno quando il potenziale è

$$E'_c = E_c - E_c = E_{H^+/H_2} - E_c = -0,0591 pH - E_c$$

$E_c = 0 \text{ V}$  (non c'è sovratensione catodica)

$$E'_c = E_c = E_{H^+/H_2} = -0,0591 \cdot 7 \text{ V} = -0,4137 \text{ V} \Rightarrow$$

il potenziale di fine deposizione delle specie in soluzione deve essere maggiore di questo valore affinché la specie sia separabile elettroliticamente dalla soluzione.

$$a) E_{Cu^{2+}/Cu} = E^{\circ}_{Cu^{2+}/Cu} + \frac{0,0591}{n} \log [Cu^{2+}] \quad Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$$

$$E_{Cu^{2+}/Cu} = 0,340 \text{ V} + \frac{0,0591}{2} \log 0,01 = 0,2218 \text{ V}$$

$$E_{Ag^+/Ag} = 0,800 \text{ V} + \frac{0,0591}{n} \log [Ag^+] \quad Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$$

$$E_{Ag^+/Ag} = 0,800 \text{ V} + 0,0591 \log 0,5 = 0,7822 \text{ V} > E_{Cu^{2+}/Cu}$$

Si deposita per primo Ag. La deposizione è completa quando  $[Ag^+] = 10^{-5} \text{ M}$ . Il potenziale dell'elettrodo è

$$E'_{Ag^+/Ag} = 0,800 \text{ V} + 0,0591 \log 10^{-5} = 0,5045 \text{ V} > E_{Cu^{2+}/Cu}, E_{H^+/H_2}$$

$\rightarrow Ag^+$  è separabile da  $Cu^{2+}$ . (4)

$$b) E_{Pb^{2+}/Pb} = E^{\circ}_{Pb^{2+}/Pb} + \frac{0,0591}{n} \log [Pb^{2+}] \quad Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb$$

$$E_{Pb^{2+}/Pb} = -0,125 \text{ V} + \frac{0,0591}{2} \log 1 = -0,125 \text{ V}$$

$$E_{Sn^{2+}/Sn} = E^{\circ}_{Sn^{2+}/Sn} + \frac{0,0591}{n} \log [Sn^{2+}] \quad Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$$

$$E_{Sn^{2+}/Sn} = -0,137 \text{ V} + \frac{0,0591}{2} \log 0,1 = -0,1665 \text{ V}$$

Si deposita per primo Pb.

La deposizione è completa quando  $[Pb^{2+}] = 10^{-5} M$

$$E'_{Pb^{2+}/Pb} = -0,125 V + \frac{0,0591}{2} \log 10^{-5} = -0,2728 V < E_{Sn^{2+}/Sn}$$

→  $Pb^{2+}$  non è separabile da  $Sn^{2+}$  (4)

c)  $Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al$   $E_{Al^{3+}/Al} = E^{\circ}_{Al^{3+}/Al} + \frac{0,0591}{n} \log [Al^{3+}]$

$$E_{Al^{3+}/Al} = -1,706 V + \frac{0,0591}{3} \log 0,02 = -1,739 V$$

$$K^+ + e^- \rightleftharpoons K \quad E_{K^+/K} = E^{\circ}_{K^+/K} + \frac{0,0591}{n} \log [K^+]$$

$$E_{K^+/K} = -2,925 V + 0,0591 \log 0,5 = -2,9428 V$$

Sia  $E_{Al^{3+}/Al}$  che  $E_{K^+/K}$  sono  $< E_{H^+/H_2}$  ⇒ viene elettrolizzata l'acqua con sviluppo di idrogeno al catodo.

$Al^{3+}$  e  $K^+$  non sono separabili elettroliticamente in soluzione acquosa.

(2)

#### NOMENCLATURA INORGANICA

(0,5) per ogni voce corretta

- (a) triossido di diossigeno; ossido ferrico; ossido di ferro (III)
- (b) triossido di dicloro, anidride clorosa
- (c) tridossido di fosforo, fosfina
- (d) cloruro di idrogeno, acido cloridrico
- (e) monossoclorato (I) di potassio; ipoclorito di potassio
- (f) triossosolfato (VI) di idrogeno; acido triossosolfico (VI); acido metafosforico

(3)