

### Compito A

1. Una soluzione 0.200 M di una trietanolammina (base debole monocida) ha un pH di 10.50. Calcola la  $K_B$  della trietanolammina e determinare il volume di HCl 1.250 M che deve essere aggiunto a 800 mL della soluzione di trietanolammina per preparare 2.000 L di una soluzione tampone a pH = 7.90.
2. 3.45 g di un sale  $MCl_2$  vengono sciolti in 650 g di acqua. La soluzione ottenuta congela a  $-0.220$  °C. Sapendo che per l'acqua  $K_{cr} = 1.86$  °C Kg mol<sup>-1</sup>, determinare la massa atomica relativa del metallo M.
3. Sapendo che la solubilità del fluoruro di stronzio  $SrF_2$  in acqua pura è pari a 117 mg/L, calcolarne la solubilità in una soluzione acquosa tamponata a pH = 2.00, sapendo che per HF la costante di dissociazione acida  $K_A = 7.1 \times 10^{-4}$ .
4. In un recipiente chiuso indeformabile del volume di 8.50 L vengono introdotti 12.85 g di carbonato di calcio  $Ca(HCO_3)_2$  e la temperatura viene portata a 500°C. In queste condizioni,  $Ca(HCO_3)_2$  si decompone in CaO, H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>. La pressione finale nel recipiente è pari a 625 torr. Determinare  $K_P$  e  $K_C$  a questa temperatura, le masse dei composti solidi presenti e la composizione della miscela gassosa una volta che viene raggiunto l'equilibrio. Inoltre, determinare la pressione nel recipiente se l'esperimento venisse ripetuto utilizzando 0.685 g di  $Ca(HCO_3)_2$ .
5. Scrivere l'ossidazione che si produce nella cella:  
Pt | SnCl<sub>2</sub> (0.125 M), SnCl<sub>4</sub> (0.246 M) || KIO<sub>3</sub> (0.190 M), HCl (1.75 M), KI (0.215 M) | Pt  
Calcolare il potenziale erogato sapendo che  $E^0_{Sn^{4+}/Sn^{2+}} = +0.151$  V e  $E^0_{IO_3^-/I^-} = +1.08$  V.
6. Descrivere il diagramma di fase dell'acqua e le sue peculiarità. Partendo dal punto con coordinate T = 450 K e P = 1.00 atm, prevedere come evolvono le fasi in un campione di acqua man mano che la temperatura viene diminuita a pressione costante fino a 200 K.

Masse atomiche:

H	1.00794 g/mol
C	12.0107 g/mol
O	15.9994 g/mol
F	18.9984032 g/mol
Cl	35.453 g/mol
Ca	40.078 g/mol
Sr	87.62 g/mol



$$\text{oppure } \text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[B]}{[BH^+]}$$

$$\text{con } m_B = V_B \cdot M_B = 0,800 \cdot 0,200 = 0,160 \text{ mol}$$

$$\text{pH} = -\log \left( \frac{K_w}{K_B} \right) + \log \frac{(m_B - m_H)/V}{m_H/V}$$

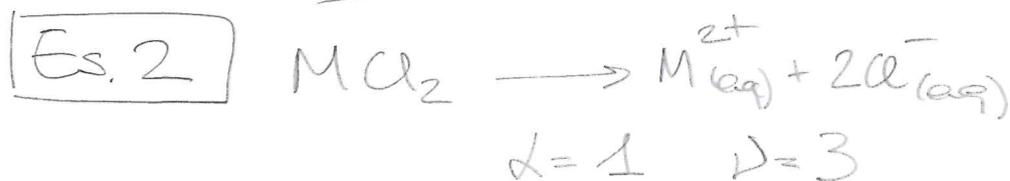
$$\log \left( \frac{0,160 - m_H}{m_H} \right) = \text{pH} + \log \left( \frac{K_w}{K_B} \right) = 7,90 + \log \left( \frac{10^{-14}}{5,00 \cdot 10^{-7}} \right) = 0,201$$

$$\frac{0,160 - m_H}{m_H} = 10^{0,201} = 1,588$$

$$0,160 - m_H = 1,588 m_H$$

$$m_H = \frac{0,160}{1 + 1,588} = 0,0618 \text{ mol}$$

$$V_{HCl} = \frac{m_H}{M_{HCl}} = \frac{0,0618}{1,250} = 0,0494 \text{ L} = 49,4 \text{ mL}$$



$$i = 1 + \alpha(\nu - 1) = 1 + 1(3 - 1) = 3$$

$$\Delta T_{cr} = i m_{MCl_2} \cdot K_{cr}$$

$$m_{MCl_2} = \frac{\Delta T_{cr}}{i \cdot K_{cr}} = \frac{0,220}{3 \cdot 1,86} = 0,0394 \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$$

$$m_{MCl_2} = m_{MCl_2} \cdot G_{H_2O}^{kg} = 0,0394 \cdot 0,650 = 0,02561 \text{ mol}$$

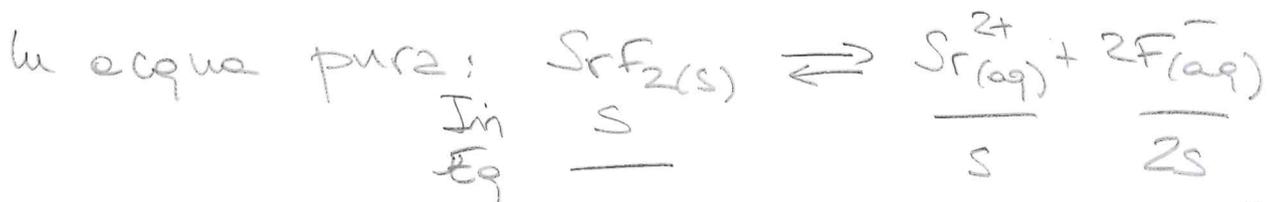
$$MM_{MCl_2} = \frac{G_{MCl_2}}{m_{MCl_2}} = \frac{345}{0,02561} = 134,71 \text{ g/mol}$$

$$MM_{\text{Mau}_2} = MA_M + 2MA_a$$

$$MA_M = MM_{\text{Mau}_2} - 2 \cdot MA_a = 134,71 - 2 \cdot 35,453 = 63,80 \text{ g/mol}$$

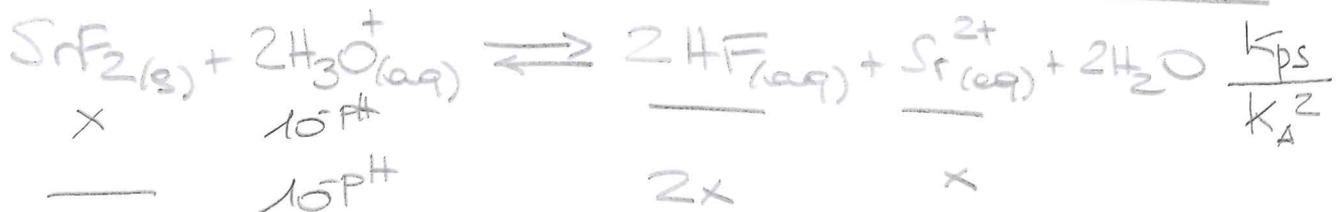
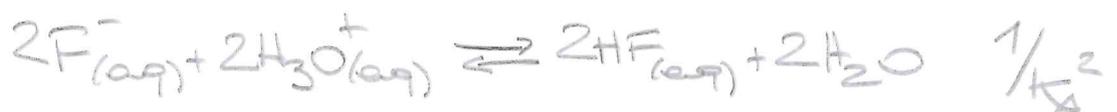
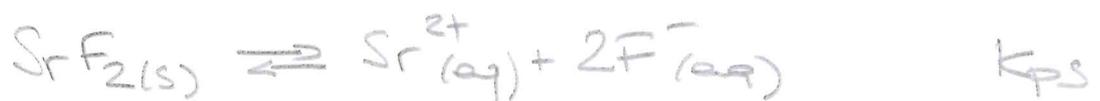
Es. 3

$$S_{\text{SrF}_2} = \frac{S_{\text{SrF}_2}^{\text{g/L}}}{MM_{\text{SrF}_2}} = \frac{0,117}{125,62} = 9,31 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$



$$K_{ps} = [\text{Sr}^{2+}][\text{F}^{-}]^2 = s(2s)^2 = 4s^3 = 4(9,31 \cdot 10^{-4})^3 = 3,23 \cdot 10^{-9}$$

in soluzione tamponata a pH = 7,00:



$$K = \frac{K_{ps}}{K_A^2} = \frac{[\text{Sr}^{2+}][\text{HF}]^2}{[\text{H}_3\text{O}^{+}]^2} = \frac{x(2x)^2}{(7,1 \cdot 10^{-4})^2} = \frac{4x^3}{10^{-7}} = \frac{4x^3}{10^{-4}} = \frac{3,23 \cdot 10^{-9}}{(7,1 \cdot 10^{-4})^2}$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{3,23 \cdot 10^{-9}}{(7,1 \cdot 10^{-4})^2} \cdot \frac{10^{-4}}{4}} = 543 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$



All'equilibrio:  $n_{\text{CO}_2} = 2n_{\text{H}_2\text{O}}$   $x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1}{3}$  } indipendente =  
 $P_{\text{CO}_2} = 2P_{\text{H}_2\text{O}}$   $x_{\text{CO}_2} = \frac{2}{3}$  } mente da T  
 e  $P_{\text{TOT}}$

$$P_{\text{TOT}} = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}} = 3P_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_{\text{TOT}}}{3} = \frac{625}{3} = 208,3 \text{ torr} \equiv \frac{208,3}{760} = 0,274 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}_2} = 2P_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 0,274 = 0,548 \text{ atm}$$

$$K_p = P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot P_{\text{CO}_2}^2 = 0,274 \cdot (0,548)^2 = 0,0823$$

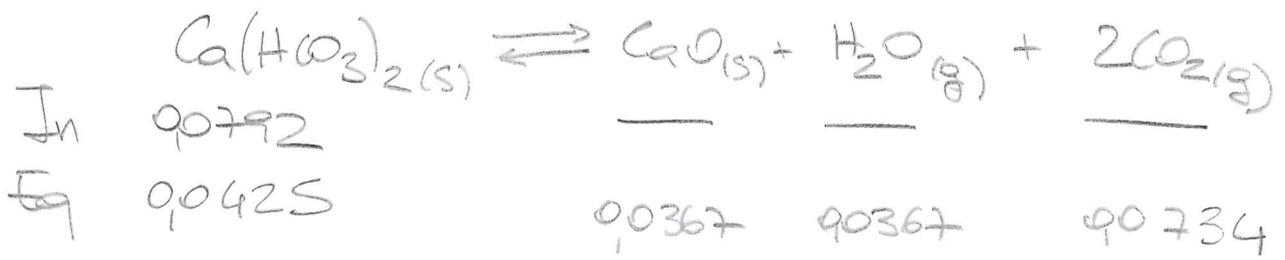
$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{0,0823}{[0,0821 \cdot (273,15 + 500)]^3} = 3,22 \cdot 10^{-7}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V}{RT} = \frac{0,274 \cdot 8,50}{0,0821 \cdot (273,15 + 500)} = 0,0367 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CaO}} = n_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0367 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 2 \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 0,0367 = 0,0734 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{in}} = \frac{G_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{in}}}{MM_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}} = \frac{12,85}{162,11} = 0,0792 \text{ mol}$$



$$G_{\text{CaO, eq}} = n_{\text{CaO, eq}} \cdot \text{MM}_{\text{CaO}} = 0,0367 \cdot 56,077 = 2,058 \text{ g}$$

$$G_{\text{Ca(HCO}_3\text{)}_2, \text{ eq}} = n_{\text{Ca(HCO}_3\text{)}_2, \text{ eq}} \cdot \text{MM}_{\text{Ca(HCO}_3\text{)}_2} = 0,0425 \cdot 162,11 = 6,889 \text{ g}$$

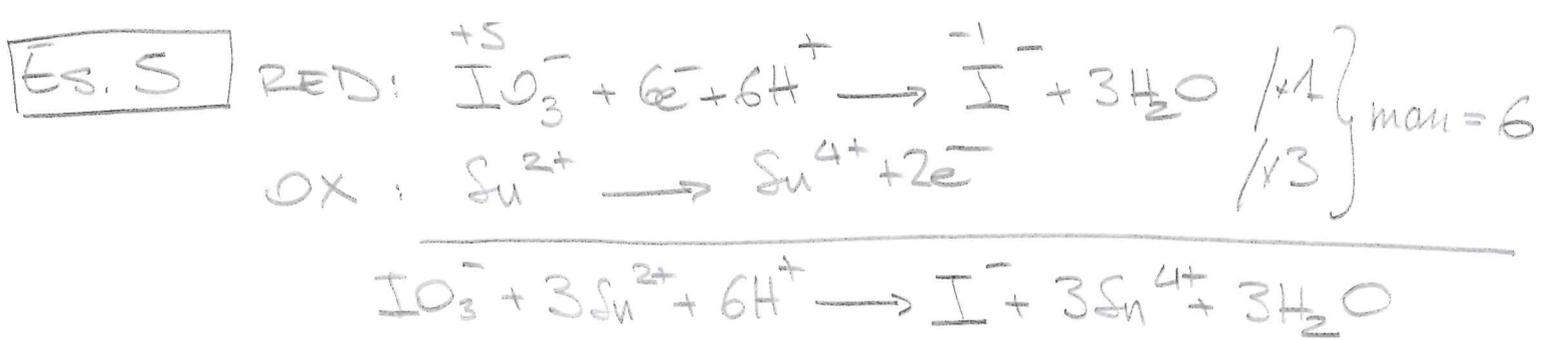
Se fossero stati impiegati 0,685 g di  $\text{Ca(HCO}_3\text{)}_2$ :

$$n_{\text{Ca(HCO}_3\text{)}_2, \text{ in}} = \frac{G_{\text{Ca(HCO}_3\text{)}_2}}{\text{MM}_{\text{Ca(HCO}_3\text{)}_2}} = \frac{0,685}{162,11} = 4,22 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

In questo caso, il numero di moli iniziali di  $\text{Ca(HCO}_3\text{)}_2$  non è sufficiente a produrre  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  e  $P_{\text{CO}_2}$  che soddisfino la  $K_p$  (ne servono almeno 0,0367 mol). Pertanto,  $\text{Ca(HCO}_3\text{)}_2$  si decomporrà completamente ed il sistema finale non sarà un equilibrio chimico.

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot RT}{V} = \frac{4,22 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0821 \cdot (273,15 + 500)}{8,50} = 0,0315 \text{ atm}$$

$$P_{\text{Tot}} = 3 P_{\text{H}_2\text{O}} = 3 \cdot 0,0315 = 0,0945 \text{ atm}$$



$$E_C = E_{\text{IO}_3^-/\text{I}^-}^\circ + \frac{0,0591}{6} \log \frac{[\text{IO}_3^-][\text{H}^+]^6}{[\text{I}^-]} =$$

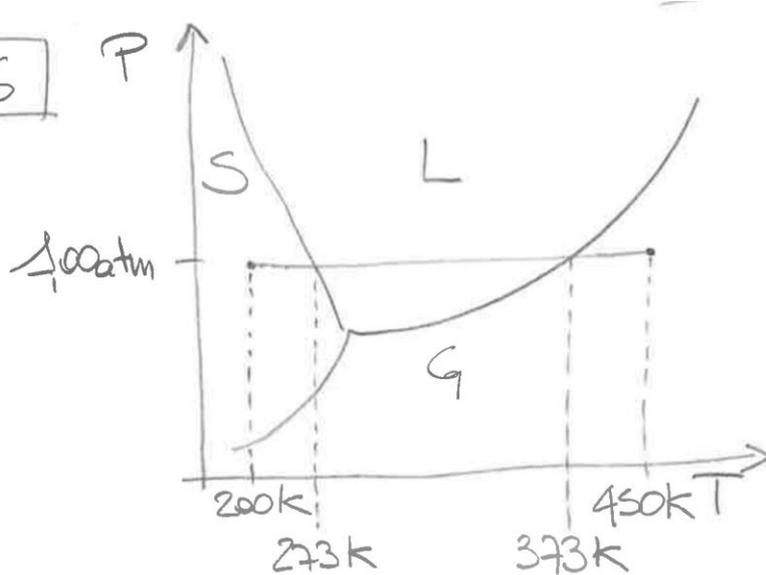
$$= 1,08 + \frac{0,0591}{6} \log \frac{0,190 \cdot (1,75)^6}{0,215} = 1,094 \text{ V}$$

$$E_A = E_{\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}}^\circ + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[\text{Sn}^{4+}]}{[\text{Sn}^{2+}]} =$$

$$= 0,151 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{0,246}{0,125} = 0,160 \text{ V}$$

$$\Delta E = E_C - E_A = 1,094 - 0,160 = 0,934 \text{ V}$$

Es. 6



Il diagramma di fase di una sostanza pura è un grafico sul piano  $P/T$  in cui ogni punto identifica lo stato di aggregazione della sostanza in condizioni di equilibrio. Le curve rappresentate sul grafico corrispondono alle condizioni di  $P/T$  in cui le due fasi coesistono

in equilibrio tra loro. Il punto triplo è un punto particolare in cui, a determinati valori di  $P$  e  $T$ , le 3 fasi coesistono. La particolarità del diagramma di fase dell'acqua è quella di avere la curva di equilibrio solido/liquido con pendenza negativa. Ciò è dovuto al fatto che la densità di  $H_2O$  solida è minore di quella di  $H_2O$  liquida. In condizioni di  $P = 1,00$  atm costante:

- a  $450\text{ K}$ ,  $H_2O$  è gassosa.
- diminuendo  $T$ , a  $373,15\text{ K}$  si interseca la curva di equilibrio  $L/G$ : sottraendo calore, avviene una transizione di fase e  $H_2O$  condensa.
- diminuendo  $T$ , a  $273,15\text{ K}$  si interseca la curva di equilibrio  $S/L$ : sottraendo calore, avviene la transizione di fase e  $H_2O$  solidifica.
- diminuendo ancora  $T$ ,  $H_2O$  solida viene raffreddata fino a  $200\text{ K}$ .