

31 gennaio 2011

Prova scritta di Chimica Analitica 1 con Laboratorio

1. Il campione di una lega contenente soltanto *Pb* e *Sn* ha una massa di 560.0 mg. Esso viene incendiato all'aria e fornisce una miscela degli ossidi *PbO* e *SnO₂* avente una massa di 626.0 mg.

Calcolate le percentuali di *Pb* e *Sn* nella lega.

Masse molari in g/mol:

<i>Pb</i>	207.2
<i>Sn</i>	118.710
<i>PbO</i>	223.2
<i>SnO₂</i>	150.709

SVOLGIMENTO

Dati:

G_{lega}	$560.0\text{ mg} = 560.0 \times 10^{-3}\text{ g}$
G_{ossidi}	$626.0\text{ mg} = 626.0 \times 10^{-3}\text{ g}$
M_{Pb}	207.2 g/mol
M_{Sn}	118.710 g/mol
M_{PbO}	223.2 g/mol
M_{SnO_2}	150.709 g/mol

Altri simboli:

P_{Pb}	percentuale di piombo nella lega
P_{Sn}	percentuale di stagno nella lega
n_{Pb}	numero di moli di <i>Pb</i>
n_{Sn}	numero di moli di <i>Sn</i>
n_{PbO}	numero di moli di <i>PbO</i>
n_{SnO_2}	numero di moli di <i>SnO₂</i>
G_{Pb}	massa di <i>Pb</i> in g
G_{Sn}	massa di <i>Sn</i> in g
G_{PbO}	massa di <i>PbO</i> in g
G_{SnO_2}	massa di <i>SnO₂</i> in g

Possiamo partire impostando il seguente bilancio di massa:

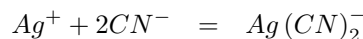
$$\begin{aligned}G_{PbO} + G_{SnO_2} &= G_{ossidi} \\n_{PbO}M_{PbO} + n_{SnO_2}M_{SnO_2} &= G_{ossidi} \\n_{Pb}M_{PbO} + n_{Sn}M_{SnO_2} &= G_{ossidi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{G_{Pb}}{M_{Pb}} M_{PbO} + \frac{G_{Sn}}{M_{Sn}} M_{SnO_2} &= G_{ossidi} \\
\frac{\frac{P_{Pb}}{100} G_{lega}}{M_{Pb}} M_{PbO} + \frac{\frac{P_{Sn}}{100} G_{lega}}{M_{Sn}} M_{SnO_2} &= G_{ossidi} \\
\frac{\frac{P_{Pb}}{100} G_{lega}}{M_{Pb}} M_{PbO} + \frac{\frac{(100-P_{Pb})}{100} G_{lega}}{M_{Sn}} M_{SnO_2} &= G_{ossidi} \\
\frac{P_{Pb}}{100} G_{lega} M_{PbO} M_{Sn} + \frac{(100-P_{Pb})}{100} G_{lega} M_{SnO_2} M_{Pb} &= G_{ossidi} M_{Pb} M_{Sn} \\
P_{Pb} M_{PbO} M_{Sn} + (100-P_{Pb}) M_{SnO_2} M_{Pb} &= \frac{100}{G_{lega}} G_{ossidi} M_{Pb} M_{Sn} \\
P_{Pb} M_{PbO} M_{Sn} + 100 M_{SnO_2} M_{Pb} - P_{Pb} M_{SnO_2} M_{Pb} &= \frac{100}{G_{lega}} G_{ossidi} M_{Pb} M_{Sn}
\end{aligned}$$

$$P_{Pb} (M_{PbO} M_{Sn} - M_{SnO_2} M_{Pb}) = \frac{100}{G_{lega}} G_{ossidi} M_{Pb} M_{Sn} - 100 M_{SnO_2} M_{Pb}$$

$$\begin{aligned}
P_{Pb} &= \frac{\frac{100}{G_{lega}} G_{ossidi} M_{Pb} M_{Sn} - 100 M_{SnO_2} M_{Pb}}{M_{PbO} M_{Sn} - M_{SnO_2} M_{Pb}} \\
&= \frac{\frac{100}{560.0 \times 10^{-3}} 626.0 \times 10^{-3} \times 207.2 \times 118.710 - 100 \times 150.709 \times 207.2}{223.2 \times 118.710 - 150.709 \times 207.2} \\
&= 78.87 \% \\
P_{Sn} &= 100 - P_{Pb} \\
&= 100 - 78.87 \\
&= 21.13 \%
\end{aligned}$$

2. Lo ione argento forma un complesso molto stabile con lo ione cianuro secondo la seguente equazione:



La costante di equilibrio della reazione rappresentata dall'equazione scritta sopra e' $K = 7.0 \times 10^{19}$.

Utilizzando le assunzioni che vi sembreranno piu' opportune, calcolate la concentrazione di equilibrio dello ione argento in una soluzione contenente le seguenti concentrazioni iniziali di ioni argento e ioni cianuro in mol/L :

$$\begin{aligned}
C_{Ag^+}^o &= 2.0 \times 10^{-2} \\
C_{CN^-}^o &= 9.0 \times 10^{-2}
\end{aligned}$$

SVOLGIMENTO

Dati:

$$\begin{array}{ll} C_{Ag^+}^\circ & 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \\ C_{CN^-}^\circ & 9.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \\ K & 7.0 \times 10^{19} \end{array}$$

Impostiamo il trattamento dell'equilibrio con il metodo della tabella, indicando con x la concentrazione di ioni argento all'equilibrio:

$$\begin{array}{llll} & Ag^+ & +2CN^- & = Ag(CN)_2^- \\ t=0 & C_{Ag^+}^\circ & C_{CN^-}^\circ & 0 \\ t=\infty & x & C_{CN^-}^\circ - 2(C_{Ag^+}^\circ - x) & C_{Ag^+}^\circ - x \end{array}$$

$$\frac{C_{Ag^+}^\circ - x}{x(C_{CN^-}^\circ - 2(C_{Ag^+}^\circ - x))^2} = K$$

Siccome la costante di equilibrio e' molto grande e gli ioni cianuro sono in eccesso stechiometrico, si puo' assumere $x \approx 0$ e quindi:

$$\frac{C_{Ag^+}^\circ}{x(C_{CN^-}^\circ - 2C_{Ag^+}^\circ)^2} \approx K$$

$$\begin{aligned} x &\approx \frac{C_{Ag^+}^\circ}{K(C_{CN^-}^\circ - 2C_{Ag^+}^\circ)^2} \\ &= \frac{2.0 \times 10^{-2}}{7.0 \times 10^{19}(9.0 \times 10^{-2} - 2 \times 2.0 \times 10^{-2})^2} \\ &= 1.14 \times 10^{-19} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

3. Calcolate il pH richiesto per ridurre di un fattore 10^{-6} la concentrazione iniziale di 0.001 mol/L di ioni Pb^{2+} in una soluzione per precipitazione dell'idrossido.

Il prodotto di solubilita' dell'idrossido di piombo e' $K_{SP} = 1.2 \times 10^{-15}$.

Costante di autoprotolisi dell'acqua: $K_W = 1 \times 10^{-14}$.

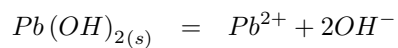
SVOLGIMENTO

Dati:

$$\begin{array}{ll}
 F & 10^{-6} \\
 C_{Pb^{2+}}^{\circ} & 0.001 \text{ mol/L} \\
 K_{SP} & 1.2 \times 10^{-15} \\
 K_W & 1 \times 10^{-14}
 \end{array}$$

Altri simboli:

C_{OH^-} concentrazione di ioni OH^- di equilibrio, in mol/L
 pH il pH cercato



$$K_{SP} = [Pb^{2+}] [OH^-]^2$$

La concentrazione di ioni ossidrilici in equilibrio con una concentrazione di ioni piombo pari a $FC_{Pb^{2+}}^{\circ}$ e' data da:

$$C_{OH^-} = \sqrt{\frac{K_{SP}}{FC_{Pb^{2+}}^{\circ}}}$$

Quindi:

$$\begin{aligned}
 pH &= -\log [H^+] \\
 &= -\log \frac{K_W}{C_{OH^-}} \\
 &= -\log \frac{K_W}{\sqrt{\frac{K_{SP}}{FC_{Pb^{2+}}^{\circ}}}} \\
 &= -\log \frac{10^{-14}}{\sqrt{\frac{1.2 \times 10^{-15}}{10^{-6} \times 0.001}}} \\
 &= 11.04
 \end{aligned}$$

- Un campione di 740.0 mg di un insetticida contenente *DDT*, $C_{14}H_9Cl_5$, viene decomposto per attacco con acido nitrico fumante. Il cloro formato viene precipitato quantitativamente come *AgCl*, di cui viene misurata una massa pari a 253.0 mg. Calcolate la percentuale in massa di *DDT* nell'insetticida.

Masse molari in g/mol :

$C_{14}H_9Cl_5$	354.486
$AgCl$	143.321

SVOLGIMENTO

Dati:

G	$740.0\text{ mg} = 740.0 \times 10^{-3}\text{ g}$
G_{AgCl}	$253.0\text{ mg} = 253.0 \times 10^{-3}\text{ g}$
M_{DDT}	354.486 g/mol
M_{AgCl}	143.321 g/mol

Altri simboli:

P	la percentuale cercata
G_{DDT}	la massa di DDT in g
n_{DDT}	numero di moli di DDT
n_{Cl}	numero di moli di Cl
n_{AgCl}	numero di moli di $AgCl$

Partendo dalla definizione si ha:

$$\begin{aligned}P &= 100 \frac{G_{DDT}}{G} \\&= 100 \frac{n_{DDT} M_{DDT}}{G} \\&= 100 \frac{\frac{1}{5} n_{Cl} M_{DDT}}{G} \\&= 100 \frac{\frac{1}{5} n_{AgCl} M_{DDT}}{G} \\&= 100 \frac{\frac{1}{5} \frac{G_{AgCl}}{M_{AgCl}} M_{DDT}}{G} \\&= 100 \frac{\frac{1}{5} \frac{253.0 \times 10^{-3}}{143.321} 354.486}{740.0 \times 10^{-3}} \\&= 16.91\%\end{aligned}$$

5. Ag_3AsO_4 e' un solido rosso scuro che potrebbe fungere da indicatore nelle titolazioni con ioni argento.

Calcolate la concentrazione di ioni AsO_4^{3-} che dovrebbe essere presente inizialmente in soluzione affinche' si abbia precipitazione di Ag_3AsO_4 al punto di equivalenza di una titolazione di ioni cloruro con ioni argento.

Prodotti di solubilita':

$$\begin{array}{ll} K_{SP,AgCl} & 1.8 \times 10^{-10} \\ K_{SP,Ag_3AsO_4} & 1.0 \times 10^{-22} \end{array}$$

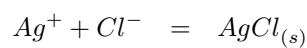
SVOLGIMENTO

Dati:

$$\begin{array}{ll} K_{SP,AgCl} & 1.8 \times 10^{-10} \\ K_{SP,Ag_3AsO_4} & 1.0 \times 10^{-22} \end{array}$$

Altri simboli:

$$\begin{array}{ll} [Ag^+]_{equiv} & \text{concentrazione di ioni argento al punto di equivalenza in } mol/L \\ C_{AsO_4^{3-}}^o & \text{concentrazione iniziale di ioni arseniato cercata in } mol/L \end{array}$$

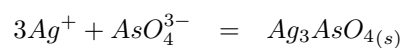


$$K_{SP,AgCl} = [Ag^+] [Cl^-]$$

Al punto di equivalenza, la concentrazione di ioni argento e' uguale a quella di ioni cloruro:

$$[Ag^+]_{equiv} = \sqrt{K_{SP,AgCl}}$$

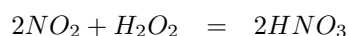
Di conseguenza, affinche' Ag_3AsO_4 inizi a precipitare in tali condizioni, dovra' essere:



$$\begin{aligned} K_{SP,Ag_3AsO_4} &= [Ag^+]^3 [AsO_4^{3-}] \\ C_{AsO_4^{3-}}^o &= \frac{K_{SP,Ag_3AsO_4}}{\left([Ag^+]_{equiv}\right)^3} \\ &= \frac{K_{SP,Ag_3AsO_4}}{\left(\sqrt{K_{SP,AgCl}}\right)^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1.0 \times 10^{-22}}{(\sqrt{1.8 \times 10^{-10}})^3} \\
&= 4.14 \times 10^{-8} \text{ mol/L}
\end{aligned}$$

6. Un campione di 3.0 L di aria proveniente da un impianto per la produzione di acido nitrico viene fatto gorgogliare attraverso una soluzione diluita di acqua ossigenata in modo da convertire tutto il diossido di azoto presente in acido nitrico secondo:



L'acido nitrico così formato viene titolato con $NaOH$ 0.00863 mol/L e il volume di equivalenza misurato risulta 6.72 mL.

Assumendo che il campione gassoso di partenza avesse una densità pari a 1.20 g/L, calcolate la concentrazione di NO_2 in parti per milione in massa nell'atmosfera dell'impianto di produzione dell'acido nitrico.

Massa molare del diossido di azoto: 46.005 g/mol

SVOLGIMENTO

Dati:

$$\begin{aligned}
V & 3.0 \text{ L} \\
C_{NaOH} & 0.00863 \text{ mol/L} \\
V_E & 6.72 \text{ mL} = 6.72 \times 10^{-3} \text{ L} \\
d & 1.20 \text{ g/L} \\
M_{NO_2} & 46.005 \text{ g/mol}
\end{aligned}$$

Altri simboli:

$$\begin{aligned}
P & \text{ la concentrazione cercata} \\
G_{NO_2} & \text{ massa di } NO_2 \text{ in } g \\
G & \text{ massa del campione d'aria in } g \\
n_{NO_2} & \text{ numero di moli di } NO_2 \\
n_{HNO_3} & \text{ numero di moli di } HNO_3 \\
n_{NaOH} & \text{ numero di moli di } NaOH
\end{aligned}$$

Dalla definizione:

$$\begin{aligned}
P &= 10^6 \frac{G_{NO_2}}{G} \\
&= 10^6 \frac{n_{NO_2} M_{NO_2}}{Vd}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 10^6 \frac{n_{HNO_3} M_{NO_2}}{Vd} \\
&= 10^6 \frac{n_{NaOH} M_{NO_2}}{Vd} \\
&= 10^6 \frac{C_{NaOH} V_E M_{NO_2}}{Vd} \\
&= 10^6 \frac{0.00863 \times 3.0 \times 46.005}{3.0 \times 1.20} \\
&= 741.1 \text{ ppm}
\end{aligned}$$

7. L'acido citrico e' un acido triprotico.

Derivate l'espressione per la frazione della concentrazione totale di acido nella forma monoprotizzata in funzione del pH .

SVOLGIMENTO

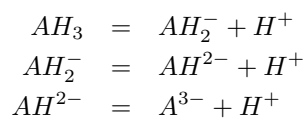
Simboli:

$\alpha_{AH^{2-}}$ la frazione cercata
 K_1 prima costante di ionizzazione
 K_2 seconda costante di ionizzazione
 K_3 terza costante di ionizzazione

Per definizione:

$$\alpha_{AH^{2-}} = \frac{[AH^{2-}]}{[AH_3] + [AH_2^-] + [AH^{2-}] + [A^{3-}]}$$

Tutte le concentrazioni possono essere espresse in funzione della concentrazione degli ioni idrogeno, degli ioni AH^{2-} e delle tre costanti di ionizzazione tramite le corrispondenti espressioni della legge dell'azione di massa:



$$\begin{aligned}
K_3 &= \frac{[A^{3-}][H^+]}{[AH^{2-}]} \\
[A^{3-}] &= K_3 \frac{[AH^{2-}]}{[H^+]}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_2 &= \frac{[AH^{2-}][H^+]}{[AH_2^-]} \\
[AH_2^-] &= \frac{[AH^{2-}][H^+]}{K_2} \\
K_1 &= \frac{[AH_2^-][H^+]}{[AH_3]} \\
[AH_3] &= \frac{[AH_2^-][H^+]}{K_1} \\
&= \frac{\frac{[AH^{2-}][H^+]}{K_2}[H^+]}{K_1} \\
&= \frac{[AH^{2-}][H^+]^2}{K_2 K_1}
\end{aligned}$$

Sostituendo:

$$\begin{aligned}
\alpha_{AH^{2-}} &= \frac{[AH^{2-}]}{\frac{[AH^{2-}][H^+]^2}{K_2 K_1} + \frac{[AH^{2-}][H^+]}{K_2} + [AH^{2-}] + K_3 \frac{[AH^{2-}]}{[H^+]}} \\
&= \frac{1}{\frac{[H^+]^2}{K_2 K_1} + \frac{[H^+]}{K_2} + 1 + K_3 \frac{1}{[H^+]}} \\
&= \frac{K_1 K_2 [H^+]}{[H^+]^3 + K_1 [H^+]^2 + K_2 K_1 [H^+] + K_3 K_2 K_1} \\
&= \frac{K_1 K_2 10^{-pH}}{10^{-3pH} + K_1 10^{-2pH} + K_2 K_1 10^{-pH} + K_3 K_2 K_1}
\end{aligned}$$

8. Un campione di 100.0 mL di acqua e' stato tamponato a $pH = 10$ e titolato con *EDTA* 0.020 mol/L, con un volume di equivalenza di 32.5 mL. Una seconda aliquota da 100.0 mL e' stata tamponata a $pH = 12$ in modo da precipitare quantitativamente gli ioni magnesio come $Mg(OH)_2$. La titolazione di questa seconda aliquota con *EDTA* 0.020 mol/L ha fatto registrare un volume di equivalenza di 25.3 mL. Assumendo che l'acqua contenga solo ioni calcio e magnesio, calcolate la concentrazione in parti per milione in massa di $CaCO_3$ e $MgCO_3$.

Assumete che la densita' dell'acqua sia 1.0 g/mL.

Masse molari in g/mol:

$$\begin{array}{ll}
CaCO_3 & 100.087 \\
MgCO_3 & 84.314
\end{array}$$

SVOLGIMENTO

Dati:

V_1	100.0 mL
C_{EDTA}	0.020 mol/L
$V_{E,1}$	32.5 mL = 32.5×10^{-3} L
V_2	100.0 mL
$V_{E,2}$	25.3 mL = 25.3×10^{-3} L
d	1.0 g/mL
M_{CaCO_3}	100.087 g/mol
M_{MgCO_3}	84.314 g/mol

Altri simboli:

P_{CaCO_3}	concentrazione cercata per $CaCO_3$
P_{MgCO_3}	concentrazione cercata per $MgCO_3$
$G_{CaCO_3,2}$	massa di $CaCO_3$ nella seconda titolazione in g
G_2	massa del secondo campione di acqua in g
$n_{CaCO_3,2}$	numero di moli di $CaCO_3$ nella seconda titolazione
$n_{EDTA,2}$	numero di moli di $EDTA$ nella seconda titolazione
$G_{MgCO_3,1}$	massa di $MgCO_3$ nella prima titolazione in g
G_1	massa del primo campione di acqua in g
$n_{MgCO_3,1}$	numero di moli di $MgCO_3$ nella prima titolazione
$n_{CaCO_3,1}$	numero di moli di $CaCO_3$ nella prima titolazione
$n_{EDTA,1}$	numero di moli di $EDTA$ nella prima titolazione

La concentrazione di $CaCO_3$ si ricava dalla seconda titolazione:

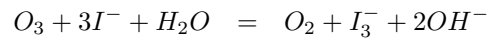
$$\begin{aligned}
 P_{CaCO_3} &= 10^6 \frac{G_{CaCO_3,2}}{G_2} \\
 &= 10^6 \frac{n_{CaCO_3,2} M_{CaCO_3}}{V_2 d} \\
 &= 10^6 \frac{n_{EDTA,2} M_{CaCO_3}}{V_2 d} \\
 &= 10^6 \frac{C_{EDTA} V_{E,2} M_{CaCO_3}}{V_2 d} \\
 &= 10^6 \frac{0.020 \times 25.3 \times 10^{-3} \times 100.087}{100.0 \times 1.0} \\
 &= 506.4 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

Ora si può ricavare la concentrazione di $MgCO_3$ dalla prima titolazione:

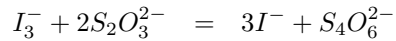
$$\begin{aligned}
 P_{MgCO_3} &= 10^6 \frac{G_{MgCO_3,1}}{G_1} \\
 &= 10^6 \frac{n_{MgCO_3,1} M_{MgCO_3}}{V_1 d}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 10^6 \frac{(n_{EDTA,1} - n_{CaCO_3,1}) M_{MgCO_3}}{V_1 d} \\
&= 10^6 \frac{(n_{EDTA,1} - n_{CaCO_3,2}) M_{MgCO_3}}{V_1 d} \\
&= 10^6 \frac{(n_{EDTA,1} - n_{EDTA,2}) M_{MgCO_3}}{V_1 d} \\
&= 10^6 \frac{(C_{EDTA} V_{E,1} - C_{EDTA} V_{E,2}) M_{MgCO_3}}{V_1 d} \\
&= 10^6 \frac{C_{EDTA} (V_{E,1} - V_{E,2}) M_{MgCO_3}}{V_1 d} \\
&= 10^6 \frac{0.020 (32.5 \times 10^{-3} - 25.3 \times 10^{-3}) 84.314}{100.0 \times 1.0} \\
&= 121.4 \text{ ppm}
\end{aligned}$$

9. Il contenuto di ozono in un'atmosfera inquinata puo' essere determinato facendo reagire l'ozono con ioduro secondo:



e titolando successivamente lo ione triioduro formato con tiosolfato:



Dell'aria inquinata da ozono viene fatta gorgogliare attraverso una soluzione di ioduro ad una velocita' di 2.5 L/min per 2 h . Lo ione triioduro formato viene titolato con 5.43 mL di una soluzione 0.0016 mol/L di tiosolfato. Se la densita' dell'aria trattata e' 1.19 g/L , calcolate la concentrazione di ozono in parti per milione in massa.

Massa molare dell'ozono: 47.998 g/mol .

SVOLGIMENTO

Dati:

$$\begin{array}{ll}
v & 2.5 \text{ L/min} \\
t & 2 \text{ h} = 120 \text{ min} \\
V_E & 5.43 \text{ mL} = 5.43 \times 10^{-3} \text{ L} \\
C_{S_2O_3^{2-}} & 0.0016 \text{ mol/L} \\
d & 1.19 \text{ g/L} \\
M_{O_3} & 47.998 \text{ g/mol}
\end{array}$$

Altri simboli:

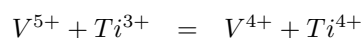
P	la concentrazione richiesta
G_{O_3}	massa di ozono in g
G	massa dell'aria trattata in g
n_{O_3}	numero di moli di ozono
V	volume di aria trattato in L
$n_{I_3^-}$	numero di moli di ioni triioduro
$n_{S_2O_3^{2-}}$	numero di moli di ioni tiosolfato

Per definizione:

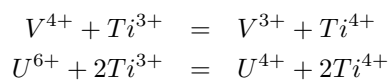
$$\begin{aligned}
 P &= 10^6 \frac{G_{O_3}}{G} \\
 &= 10^6 \frac{n_{O_3} M_{O_3}}{Vd} \\
 &= 10^6 \frac{n_{I_3^-} M_{O_3}}{vtd} \\
 &= 10^6 \frac{(1/2) n_{S_2O_3^{2-}} M_{O_3}}{vtd} \\
 &= 10^6 \frac{(1/2) C_{S_2O_3^{2-}} V_E M_{O_3}}{vtd} \\
 &= 10^6 \frac{(1/2) 0.0016 \times 5.43 \times 10^{-3} \times 47.998}{2.5 \times 120 \times 1.19} \\
 &= 0.58 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

10. Una miscela di V^{5+} e U^{6+} può essere dosata mediante titolazione con ioni Ti^{3+} seguita per via potenziometrica. Nella curva di titolazione si osservano due distinti punti di flesso.

Il primo corrisponde alla condizione di equivalenza per la reazione:



mentre il secondo corrisponde alla condizione di equivalenza per le due reazioni (il potenziale standard della coppia V^{4+}/V^{3+} e' quasi identico a quello della coppia U^{6+}/U^{4+}):



Un campione di massa 5.653 g viene dissolto in acido, diluito a 250.0 mL e un'aliquota di 50.0 mL viene titolata come descritto sopra con una

soluzione 0.1506 mol/L di ioni Ti^{3+} . Il primo volume di equivalenza e' 13.71 mL ; il secondo 46.12 mL .

Calcolate la percentuale in massa di V_2O_5 e U_3O_8 nel campione.

Masse molari in g/mol :

V_2O_5	181.880
U_3O_8	842.082

SVOLGIMENTO

Dati:

G	5.653 g
V	250.0 mL
V_1	50.0 mL
$V_{E,1}$	$13.71 \text{ mL} = 13.71 \times 10^{-3} \text{ L}$
$V_{E,2}$	$46.12 \text{ mL} = 46.12 \times 10^{-3} \text{ L}$
$C_{Ti^{3+}}$	0.1506 mol/L
$M_{V_2O_5}$	181.880 g/mol
$M_{U_3O_8}$	842.082 g/mol

Altri simboli:

$P_{V_2O_5}$	la percentuale di V_2O_5 cercata
$P_{U_3O_8}$	la percentuale di U_3O_8 cercata
$G_{V_2O_5}$	la massa in g di V_2O_5 corrispondente a V
$G_{U_3O_8}$	la massa in g di U_3O_8 corrispondente a V
$G_{V_2O_5, V_1}$	la massa in g di V_2O_5 corrispondente a V_1
$G_{U_3O_8, V_1}$	la massa in g di U_3O_8 corrispondente a V_1
$n_{V_2O_5, V_1}$	il numero di moli di V_2O_5 corrispondente a V_1
$n_{U_3O_8, V_1}$	il numero di moli di U_3O_8 corrispondente a V_1
n_{V^{5+}, V_1}	il numero di moli di ioni V^{5+} corrispondente a V_1
n_{V^{4+}, V_1}	il numero di moli di ioni V^{4+} corrispondente a V_1
n_{U^{6+}, V_1}	il numero di moli di ioni U^{6+} corrispondente a V_1
$n_{Ti^{3+}, 1}$	il numero di moli di ioni Ti^{3+} al primo punto di equivalenza
$n_{Ti^{3+}, 2}$	il numero di moli di ioni Ti^{3+} al secondo punto di equivalenza

Dai dati relativi al primo punto di equivalenza si ricava la percentuale in massa di V_2O_5 :

$$\begin{aligned}
 P_{V_2O_5} &= 100 \frac{G_{V_2O_5}}{G} \\
 &= 100 \frac{\frac{G_{V_2O_5, V_1}}{V_1} V}{G} \\
 &= 100 \frac{\frac{n_{V_2O_5, V_1} M_{V_2O_5}}{V_1} V}{G}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 100 \frac{\frac{(1/2)n_{V^{5+},V_1}M_{V_2O_5}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{(1/2)n_{Ti^{3+},1}M_{V_2O_5}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{(1/2)C_{Ti^{3+}V_{E,1}}M_{V_2O_5}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{(1/2)0.1506 \times 13.71 \times 10^{-3} \times 181.880}{50.0} 250.0}{5.653} \\
&= 16.61 \%
\end{aligned}$$

Dai dati relativi al secondo punto di equivalenza si ricava la percentuale in massa di U_3O_8 :

$$\begin{aligned}
P_{U_3O_8} &= 100 \frac{G_{U_3O_8}}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{G_{U_3O_8,V_1}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{n_{U_3O_8,V_1}M_{U_3O_8}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{(1/3)n_{U^{6+},V_1}M_{U_3O_8}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{(1/3)\left((1/2)\left(n_{Ti^{3+},2} - (n_{V^{5+},V_1} + n_{V^{4+},V_1})\right)\right)M_{U_3O_8}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{(1/3)\left((1/2)(n_{Ti^{3+},2} - 2n_{Ti^{3+},1})\right)M_{U_3O_8}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{(1/3)\left((1/2)(C_{Ti^{3+}V_{E,2}} - 2C_{Ti^{3+}V_{E,1}})\right)M_{U_3O_8}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{(1/3)(1/2)C_{Ti^{3+}(V_{E,2}-2V_{E,1})}M_{U_3O_8}}{V_1} V}{G} \\
&= 100 \frac{\frac{(1/3)(1/2)0.1506(46.12 \times 10^{-3} - 2 \times 13.71 \times 10^{-3})842.082}{50.0} 250.0}{5.653} \\
&= 34.96 \%
\end{aligned}$$