

Ενδεικτική επίλυση

4.1

α) Η πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης 1 θα υπολογιστεί από τη σχέση:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_f (\text{προϊόντων}) - \sum \Delta H^\circ_f (\text{αντιδρώντων})$$

$$\Delta H^\circ = 4 \cdot \Delta H^\circ_f \text{ HCl} + \Delta H^\circ_f \text{ SiO}_2 - 2 \cdot \Delta H^\circ_f (\text{H}_2\text{O}) - \Delta H^\circ_f \text{ SiCl}_4 \Rightarrow$$

$$\Delta H^\circ = 4 \cdot (-92) \text{ kJ/mol} + (-911) \text{ kJ/mol} - 2 \cdot (-286) \text{ kJ/mol} - (-687) \text{ kJ/mol} \Rightarrow$$

$$\Delta H^\circ = -20 \text{ kJ/mol.}$$

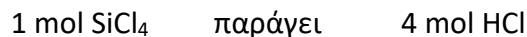
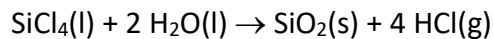
Άρα η πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης 1 είναι ίση με $\Delta H^\circ = -20 \text{ kJ/mol}$.

β)

i) Τα mol του αερίου HCl σε συνθήκες STP είναι:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{4,48 \text{ L}}{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} = 0,2 \text{ mol.}$$

Από τη στοιχειομετρική αναλογία της αντίδρασης 1 έχουμε:



$$1 \text{ mol} \cdot 0,2 \text{ mol} = x \text{ mol} \cdot 4 \text{ mol} \Rightarrow x = 0,05.$$

Επομένως αντιδρούν 0,05 mol SiCl₄.

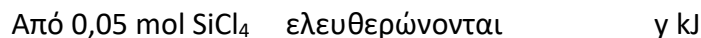
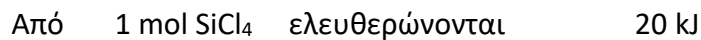
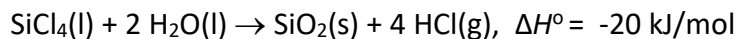
Η σχετική μοριακή μάζα του SiCl₄ είναι ίση με:

$$M_r = A_r(\text{Si}) + 4 \cdot A_r(\text{Cl}) = 28 + 4 \cdot 35,5 = 170.$$

Αυτό σημαίνει ότι η μάζα του ενός mol SiCl₄ είναι ίση με 170 g.

Επομένως, η μάζα των 0,05 mol SiCl₄ είναι $m = 0,05 \cdot 170 \text{ g} = 8,5 \text{ g}$.

ii) Επίσης από τη θερμοχημική εξίσωση ισχύει:



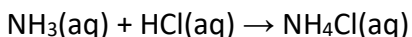
$$1 \text{ mol} \cdot y \text{ kJ} = 0,05 \text{ mol} \cdot 20 \text{ kJ} \Rightarrow y = 1.$$

Άρα, όταν αντιδρούν 0,05 mol SiCl₄ ελευθερώνεται θερμότητα 1 kJ.

γ) Τα mol του αερίου HCl, όπως υπολογίστηκαν παραπάνω είναι ίσα με 0,2.

Τα mol της NH₃ είναι ίσα με $n = c \cdot V \Rightarrow n = (2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,2 \text{ L}) \Rightarrow n = 0,4 \text{ mol}$.

Το αέριο HCl διοχετεύεται στο υδατικό διάλυμα NH₃ χωρίς μεταβολή όγκου και πραγματοποιείται η αντίδραση, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



mol	NH ₃ (aq)	HCl(aq)	NH ₄ Cl(aq)
Αρχικά	0,4	0,2	
Αντιδρούν	0,2	0,2	
Παράγονται			0,2
Τελικά	0,2	-	0,2

Το υδατικό διάλυμα που προκύπτει (διάλυμα Δ1) είναι ρυθμιστικό, αφού περιέχει ένα ζεύγος ασθενούς βάσης (NH₃) με το συζυγές της οξύ (NH₄⁺), σε παραπλήσιες συγκεντρώσεις, που προκύπτει από τη διάσπαση του άλατος NH₄Cl. (NH₄Cl(aq) → NH₄⁺(aq) + Cl⁻(aq)).

Επομένως η συγκέντρωση των ανιόντων υδροξειδίου μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση Henderson:

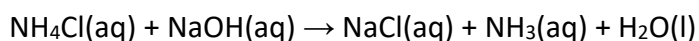
$$[\text{OH}^-] = K_{\text{b},\text{NH}_3} \cdot \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ M} \cdot \frac{\frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}}}{\frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ M}.$$

$$\text{και } \text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 10^{-5} = 5.$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 5 = 9.$$

Άρα το pH του διαλύματος Δ θα είναι ίσο με 9.

δ) Στο υδατικό διάλυμα Δ1 προστίθενται 0,1 mol στερεού NaOH, χωρίς μεταβολή του όγκου και πραγματοποιείται η αντίδραση, η οποία περιγράφεται από τη χημική εξίσωση:



mol	NH ₄ Cl(aq)	NaOH(aq)	NaCl(aq)	NH ₃ (aq)	H ₂ O(l)
Αρχικά	0,2	0,1		0,2	
Αντιδρούν	0,1	0,1			
Παράγονται			0,1	0,1	
Τελικά	0,1	-	0,1	0,3	

Το NaCl δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος και κατ' επέκταση τη συγκέντρωση των ανιόντων υδροξειδίου [OH⁻], αφού τα ιόντα Na⁺ και Cl⁻ που προκύπτουν από τη διάσπασή του προέρχονται από ισχυρή βάση και ισχυρό οξύ αντίστοιχα και δεν αντιδρούν με το νερό.

Επομένως η νέα συγκέντρωση των ανιόντων υδροξειδίου $[\text{OH}^-]$ προκύπτει από το ρυθμιστικό διάλυμα Δ2 που περιέχει το ζεύγος $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$ και μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση Henderson:

$$[\text{OH}^-] = K_{\text{b},\text{NH}_3} \cdot \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ M} \cdot \frac{\frac{0,3 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}}}{\frac{0,1 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 3 \cdot 10^{-5} \text{ M}.$$

Η αρχική συγκέντρωση ανιόντων υδροξειδίου στο διάλυμα Δ1 ήταν ίση με 10^{-5} M .

Η τελική συγκέντρωση ανιόντων υδροξειδίου στο διάλυμα Δ2 ήταν ίση με $3 \cdot 10^{-5} \text{ M}$.

Ο λόγος των δύο συγκεντρώσεων είναι:

$$\frac{[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 1}{[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 2} = \frac{10^{-5} \text{ M}}{3 \cdot 10^{-5} \text{ M}} \Rightarrow \frac{[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 1}{[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 2} = \frac{1}{3} \Rightarrow$$

$$[\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 2 = 3 \cdot [\text{OH}^-] \text{ στο } \Delta 1.$$

Επομένως η συγκέντρωση των ανιόντων υδροξειδίου $[\text{OH}^-]$ θα αυξηθεί 3 φορές.