

### Ενδεικτική επίλυση

α)  $\text{HCl} + \text{NaCN} \rightarrow \text{HCN} + \text{NaCl}$ , Αντίδραση ①

β) Στο διάλυμα Δ2 συμβαίνει ιοντισμός του HCN όπως περιγράφεται από την παρακάτω χημική εξίσωση και τα δεδομένα του ακόλουθου πίνακα:

c(M)	$\text{HCN} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CN}^- + \text{H}_3\text{O}^+$		
αρχικά	0,1		
ιοντίζονται	x		
παράγονται		x	x
ιοντική ισορροπία	0,1 - x	x	x

Για τον βαθμό ιοντισμού  $\alpha = 0,01\% = 10^{-4}$  του HCN ισχύει:  $\alpha = \frac{x}{0,1} \Rightarrow x = 10^{-5}$ .

Αφού τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις, θα ισχύει:  $0,1 - x \approx 0,1$ . Άρα,  $K_{a,\text{HCN}} = \frac{x^2 M^2}{(0,1-x)M} = \frac{x^2 M^2}{0,1 M} = 10^{-9} \text{ M}$ .

Επομένως, η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του οξέος HCN είναι ίση με  $10^{-9} \text{ M}$ .

γ) Στο διάλυμα Δ1 υπάρχουν τα παρακάτω ιόντα που προκύπτουν από τη διάσταση του  $\text{NaCN} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{CN}^-$ . Το pH του τελικού διαλύματος δεν επηρεάζεται από τα ιόντα  $\text{Na}^+$  διότι αυτά έχουν προκύψει από την ισχυρή βάση NaOH, αλλά μόνο από τα ιόντα  $\text{CN}^-$  επειδή μόνο αυτά αντιδρούν με το νερό καθώς προέρχονται από το ασθενές οξύ HCN. Η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{CN}^-$  υπολογίζεται από τη διάσταση του NaCN:

c(M)	$\text{NaCN} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{CN}^-$		
αρχικά	0,1		
δίστανται	0,1		
παράγονται		0,1	0,1
Τελικά		0,1	0,1

Άρα η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{CN}^-$  είναι ίση με 0,1 M. Τα ιόντα  $\text{CN}^-$  αντιδρούν με το νερό, όπως φαίνεται στον πίνακα:

c(M)	$\text{CN}^-$	+	$\text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons$	$\text{HCN}$	+	$\text{OH}^-$
αρχικά	0,1						
ιοντίζονται	x						
παράγονται						x	x
ιοντική ισορροπία	0,1 - x					x	x

Η  $K_b$  του  $\text{CN}^-$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_{b,\text{CN}^-} = \frac{K_w}{K_{a,\text{HCN}}} = \frac{10^{-14} \text{ M}^2}{10^{-9} \text{ M}} = 10^{-5} \text{ M}. \text{ Η συγκέντρωση των ιόντων } \text{OH}^- \text{ βρίσκεται από τη}$$

$$\text{σχέση: } K_{b,\text{CN}^-} = \frac{[\text{HCN}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]} \Rightarrow 10^{-5} \text{ M} = \frac{x^2 \text{ M}^2}{(0,1-x) \text{ M}}$$

Αφού τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν τις γνωστές προσεγγίσεις, θα ισχύει:

$$0,1-x \approx 0,1. \text{ Άρα, } 10^{-5} \text{ M} = \frac{x^2 \text{ M}^2}{0,1 \text{ M}} \Rightarrow x = 10^{-3}$$

Άρα η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{OH}^-$  είναι ίση με  $10^{-3} \text{ M}$ .

$$x = [\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 3.$$

$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 3 \Rightarrow \text{pH} = 11$ . Επομένως το pH του διαλύματος Δ1 είναι ίσο με 11.

**δ)** Τα ισχυρά οξέα όπως το HCl ιοντίζονται πλήρως σε ιόντα με τη διάλυσή τους στο νερό και η θερμότητα που εκλύεται κατά την εξουδετέρωσή τους με ισχυρή βάση οφείλεται αποκλειστικά στην αντίδραση σχηματισμού νερού ( $\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ ). Κατά την εξουδετέρωση όμως ασθενούς οξέος (HCN) από ισχυρή βάση, μέρος της εκλυόμενης θερμότητας από την αντίδραση σχηματισμού νερού δαπανάται για τον ιοντισμό του ασθενούς οξέος.

**ε)** Αφού το διάλυμα Δ3 έχει  $\text{pOH} = 3$  το pH του θα είναι ίσο με  $14 - 3 = 11$ , άρα με βάση το ερώτημα γ έχει συγκέντρωση σε NaCN ίση με 0,1 M (Διάλυμα Δ1).

Τα mol (n) του NaCN που περιέχονται σε 50 mL από το υδατικό διάλυμα Δ1, είναι ίσα με:

$$n = c \cdot V = 0,1 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Αντίστοιχα η μάζα του NaCN θα είναι ίση με  $m(\text{g}) = n \cdot M_r = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 49 \text{ g} = 0,245 \text{ g}$

Η οριακή μέγιστη ποσότητα των 2 g του NaCN / kg μάζας, σε άνθρωπο μάζας 100 kg αντιστοιχεί σε  $100 \cdot 2 \text{ mg} = 200 \text{ mg} = 0,2 \text{ g}$  NaCN. Άρα η ποσότητα του NaCN (0,245 g) που περιέχεται στα 50

mL του διαλύματος Δ3 είναι **μεγαλύτερη** από την ελάχιστη θανατηφόρα δόση (0,2 g), επομένως **είναι θανατηφόρα** στη συγκεκριμένη περίπτωση.