

# Ασκήσεις – Δείκτες, Ογκομέτρηση

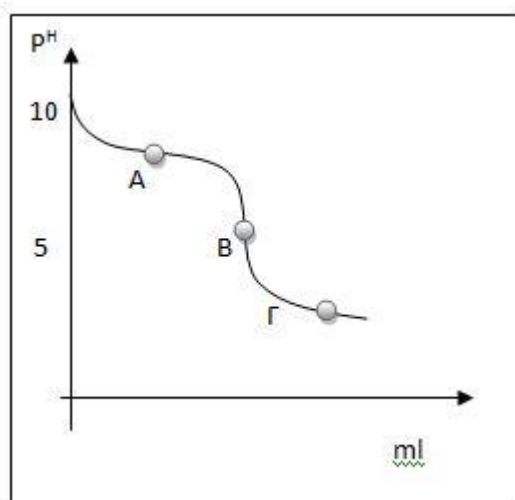
Ποια από τις παρακάτω συνθήκες είναι απαραίτητη για τον ακριβή προσδιορισμό του ισοδύναμου σημείου μιας ογκομέτρησης εξουδετέρωσης;

- Η βάση και το οξύ να είναι ισχυροί
- Η βάση και το οξύ να είναι ασθενείς
- Το  $P^H$  να μεταβάλλεται απότομα κοντά στο ισοδύναμο σημείο
- Ο δείκτης που χρησιμοποιείται να είναι ισχυρότερο οξύ από το οξύ που αλκαλιμετρείται

Απάντηση: c.

(Ο δείκτης μπορεί να είναι είτε οξύ, είτε βάση. Μας ενδιαφέρει μόνο η περιοχή  $P^H$  της χρωματικής αλλαγής να περιλαμβάνει το ισοδύναμο σημείο ή να ευρίσκεται στο κατακόρυφο απότομο τμήμα της καμπύλης)

Παρατηρήστε τη καμπύλη ογκομέτρησης του σχήματος και απαντήστε στις ερωτήσεις



1. Δείχνεται μια καμπύλη αλκαλιμετρίας

Η καμπύλη δείχνει την εξέλιξη του  $P^H$  του διαλύματος της φιάλης που αρχικά έχει  $P^H$  κοντά στο 10. Επομένως το διάλυμα της φιάλης είναι μια βάση, οπότε το πρότυπο διάλυμα είναι το ισχυρό οξύ (Οξυμετρία λοιπόν!)

2. Στο σημείο A, το  $P^H$  μπορεί να προσδιοριστεί από την εξίσωση Henderson-Hasselbach

Βεβαίως! Στη κατάσταση αυτή έχουμε στη φιάλη άλας της ασθενούς βάσεως με ισχυρό οξύ και ασθενή βάση που δεν έχει εξουδετερωθεί.

3. Στο σημείο B η τεταγμένη τιμή  $P^H=5$  έχει τιμή ίση με το  $PK_b$ .

Όχι! Το σημείο B είναι –μάλλον- το ισοδύναμο σημείο και εκεί το  $P^H$  καθορίζεται από το άλας και τα ιόντα που αυτό δίνει. Για παράδειγμα η ασθενής βάση  $NH_3$  θα εξουδετερωθεί δίνοντας άλας αμμωνίου, το οποίο στη συνέχεια θα δημιουργήσει όξινο περιβάλλον λόγω ιοντισμού των ιόντων  $NH_4^+$ . Η τιμή του  $P^H$  θα μας τη δώσει η σχέση ιοντικής ισορροπίας...

4. Στο Γ το διάλυμα της φιάλης είναι ρυθμιστικό.

Όχι! Άλας ασθενούς βάσης με ισχυρό οξύ και περίσσεια ισχυρού οξέος έχουμε... Το PH καθορίζει το ισχυρό οξύ!

Χημικό εργαστήριο διαθέτει τους δείκτες Α(8.0 – 9.9), Β(6 – 7.6) και Γ(3.9 – 5.4), οι οποίοι χρωματίζουν ένα διάλυμα, όταν το  $P^H$  τους βρίσκεται εκτός των ορίων που αναγράφονται μέσα στις παρενθέσεις. Ποιον από τους τρεις δείκτες θα χρησιμοποιούσατε, για να βρείτε το ισοδύναμο σημείο κατά την εξουδετέρωση διαλύματος ΚΟΗ 0,1 Μ από ΗCl 0,1 Μ ;

Ο κατάλληλος δείκτης πρέπει ανάμεσα στα όρια του να περιλαμβάνει το PH του διαλύματος στη κατάσταση της πλήρους εξουδετέρωσης (το PH στο ισοδύναμο σημείο!)

Η αντίδραση εξουδετέρωσης  $HCl + KOH \rightarrow KCl + H_2O$ , λέει ότι στο ισοδύναμο σημείο θα έχουμε ΜΟΝΟ το άλας ΚCl του οποίου τα ιόντα δεν ιοντίζονται. Επομένως θα έχουμε  $P^H=7$ .

Ο κατάλληλος δείκτης είναι προφανώς ο Β, αφού έχει περιοχή PH αλλαγής χρώματος 6 -7,6

## Ασκήσεις από το Σχολικό βιβλίο

- \*87.** Το ασθενές οξύ ΗΑ χρησιμοποιείται ως δείκτης και έχει  $K_a = 2,5 \cdot 10^{-6}$ . Όταν σε υδατικό διάλυμα το πηλίκο  $[HA] / [A^-]$  είναι μεγαλύτερο του 10, το χρώμα του διαλύματος είναι κόκκινο, ενώ όταν  $[HA] / [A^-]$  είναι μικρότερο του 0,1, το χρώμα του διαλύματος γίνεται μπλε.
- α. Σε ποια τιμή του pH το χρώμα του διαλύματος γίνεται κόκκινο;
- β. Σε ποσότητα διαλύματος  $NH_3$  0,1 Μ προσθέτουμε μια σταγόνα από το δείκτη. Τι χρώμα θα πάρει το διάλυμα;  
Δίνεται  $K_b = 10^{-5}$ .

α) Ιοντική ισορροπία του δείκτη:  $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+_{\delta/τος}$

Θέλουμε κόκκινο χρώμα σημαίνει, σύμφωνα με την εκφώνηση  $[HA]/[A^-] > 10$  (1)

Όμως!

$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]} \rightarrow K_a [HA] = [A^-] \cdot [H_3O^+] \rightarrow \frac{[HA]}{[A^-]} = \frac{[H_3O^+]}{K_a} \quad (2)$$

Από τις (1), (2) έχουμε:

$$\begin{aligned} \frac{[H_3O^+]}{K_a} > 10 &\rightarrow [H_3O^+] > 10 \cdot K_a \rightarrow \log([H_3O^+]) > 1 + \log K_a \rightarrow P^H \\ &< -1 - \log 2,5 \cdot 10^{-6} \rightarrow P^H < -1 + 6 - \log 2,5 \rightarrow P^H < 5 - 0,4 \\ &\rightarrow P^H < 4,6 \end{aligned}$$

β) Βρείτε εύκολα το  $P^H$  του διαλύματος της αμμωνίας και στη συνέχεια εξετάστε σε ποιες περιοχές του  $P^H$  δείκτης θα εμφανίσει μπλε χρώμα (μελέτη ανάλογη αυτής που κάναμε στο α ερώτημα). Συνδυάστε τα δυο αποτελέσματα!

**88.** Η φαινολοφθαλεΐνη είναι δείκτης, που όταν προστεθεί σε διάλυμα με  $pH$  μεγαλύτερο του 10 παίρνει κόκκινο χρώμα, ενώ παραμένει άχρωμο, αν το  $pH$  του διαλύματος είναι μικρότερο του 8. Ένα από τα παρακάτω διαλύματα:

- α. διάλυμα  $HCl$  0,01 M,
- β. διάλυμα  $NaOH$  0,01 M,
- γ. διάλυμα  $CH_3COOH$  0,01 M,
- δ. διάλυμα  $CH_3COONa$  0,01 M

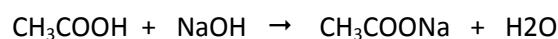
πήρε χρώμα κόκκινο, όταν προστέθηκε σ' αυτό μια σταγόνα φαινολοφθαλεΐνης. Ποιο ήταν το διάλυμα αυτό;

- Οξικό οξύ ( $CH_3COOH$ ) και υδροχλωρικό ( $HCl$ ) **αποκλείεται**, διότι αυτά θα έδιναν  $P^H < 7$  και επομένως το διάλυμά τους θα ήταν άχρωμο.
- Το  **$NaOH$  δίνει σίγουρα  $P^H = 12$** , αφού είναι ισχυρή βάση και επομένως η συγκέντρωσή της 0,01 M σημαίνει  $POH = 2$
- Το  $CH_3COONa$  δίνει  $P^H > 7$ , αλλά δεν είμαστε βέβαιοι ότι μπορεί να ξεπεράσει την τιμή  $P^H = 10$ .
- Εφόσον ένα διάλυμα εμφανίζεται με κόκκινο χρώμα, αυτό δεν μπορεί παρά να είναι το διάλυμα του  $NaOH$ .

**\*89.** Για την πλήρη εξουδετέρωση 50 mL διαλύματος  $CH_3COOH$  0,1 M απαιτούνται 25 mL διαλύματος  $NaOH$ . Το τελικό σημείο αυτής της εξουδετέρωσης πιστοποιείται με την αλλαγή του χρώματος του δείκτη, που είχαμε προσθέσει στην αρχή στο διάλυμα του οξέος.

- α. Ποια είναι η Molarity του διαλύματος του  $NaOH$ ;
  - β. Ποια είναι η τιμή του  $pH$  του διαλύματος στο τελικό σημείο;
  - γ. Ποιον από τους δύο δείκτες θα χρησιμοποιούσατε για την ογκομέτρηση αυτή: ηλιανθίνη με περιοχή αλλαγής χρώματος του δείκτη  $pH: 3 - 4,4$  ή φαινολοφθαλεΐνη με περιοχή αλλαγής  $pH: 8,3 - 10,1$ ;
- Δίνεται:  $K_a CH_3COOH = 10^{-5}$ .

α) Γράφουμε την αντίδραση εξουδετέρωσης



Από την αντίδραση φαίνεται ότι τα  $n$  mol του οξέος αντιδρούν με  $n$  mol της βάσης. Άρα

$$n = n \rightarrow C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \rightarrow 50 \cdot 0,1 = 25 \cdot C_2 \rightarrow C_2 = 0,2 \text{ M}$$

β) Στο τελικό σημείο της ογκομέτρησης υπάρχει ΜΟΝΟ άλας  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Γνωρίζουμε τη ποσότητά του σε mol, γνωρίζουμε ότι το διάλυμα έχει όγκο 75 ml, γνωρίζουμε ότι διίσταται πλήρως, γνωρίζουμε ότι τα ιόντα  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  ιοντίζονται, 'γνωρίζουμε' την  $K_b$  της βάσης, οπότε είναι εύκολος ο υπολογισμός του  $\text{p}^{\text{H}}$ . ( $\text{p}^{\text{H}}=8,91$ )

γ) Προφανώς κατάλληλος δείκτης είναι η φαινολοφθαλεΐνη, διότι η περιοχή αλλαγής του χρώματός της εμπεριέχει το σημείο της πλήρους εξουδετέρωσης και επομένως θα καταγράψει σωστά το ισοδύναμο σημείο.