

## ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Το pH ενός ρυθμιστικού διαλύματος δίδεται από την εξίσωση Henderson-Hasselbach:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log\left(\frac{C_s}{C_a}\right),$$

όπου  $K_a$  = σταθερά διάστασης οξέος,  $C_s$ =συγκέντρωση άλατος,  $C_a$ =συγκέντρωση οξέος.

$$\text{Όταν } C_s = C_a, \text{ τότε } \log\left(\frac{C_s}{C_a}\right) = \log 1 = 0, \text{ άρα } \text{pH} = \text{pK}_a.$$

Επομένως για να επιλέξουμε το κατάλληλο ασθενές οξύ ή ασθενή βάση για την παρασκευή ενός ρυθμιστικού διαλύματος ορισμένου pH, πρέπει η σταθερά διάστασης του οξέος ή της βάσης, να έχει τέτοια τιμή, ώστε να ισχύει η σχέση:

$$\text{pH} = \text{pK}_a \pm 1$$

### ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

ΟΡΓΑΝΑ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ
2 ογκομετρικές φιάλες 100ml	Διάλυμα HCl 2M
Σιφώνιο μετρήσεως 50ml	Διάλυμα CH <sub>3</sub> COOH 2M
Σιφώνιο μετρήσεως 10ml	Διάλυμα NH <sub>3</sub> 2M
Πεχάμετρο	Διάλυμα NaOH 2M
Στήριγμα δοκιμαστικών σωλήνων	Διάλυμα HCl 0,1M
2 μεγάλοι δοκιμαστικοί σωλήνες	Διάλυμα NaOH 0,1M
Ογκομετρικοί κύλινδροι 50ml ή 100ml	Δείκτης ηλιανθίνη
Υδροβολέας	Δείκτης φαινολοφθαλεΐνη
10 μικροί δοκιμαστικοί σωλήνες	

## ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ pH = 4,74

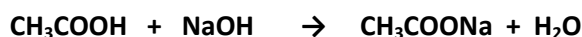
Κατάλληλο ασθενές οξύ είναι το  $\text{CH}_3\text{COOH}$  με  $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$ ,  
οπότε  $\text{p}K_a = -\log 1,8 \times 10^{-5}$  ή  $\text{p}K_a = -0,26 + 5 = 4,74$ .

### ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ



Για την παρασκευή 100ml του παραπάνω διαλύματος, αναμιγνύουμε 50ml  $\text{CH}_3\text{COOH}$  2M με 25ml  $\text{NaOH}$  2M και αραιώνουμε με νερό στα 100ml.

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ pH ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ



Mole	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{NaOH}$	$\text{CH}_3\text{COONa}$
αρχικά	0,1	0,05	-
Αντιδρούν- παράγονται	0,05	0,05	0,05
τελικά	0,05	-	0,05
$C_{\text{τελ}}$	0,5M		0,5M

Από τον πίνακα προκύπτει ότι  $C_s = C_a = 0,5M$ ,

οπότε ισχύει:

$$\text{pH} = \text{p}K_a = 4,74 \quad (\text{θεωρητική τιμή})$$

Με το πεχάμετρο βρίσκουμε

$$\text{pH} = \text{-----} \quad (\text{πραγματική τιμή})$$

### Σημείωση:

Βάσει του τύπου  $\text{pH} = \text{p}K_a \pm 1$  και χρησιμοποιώντας σαν ασθενές οξύ το  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , μπορούμε να παρασκευάσουμε ρυθμιστικό διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$ , με  $\text{pH} = \text{p}K_a + 1 = 4,74 + 1 = 5,74$ .

.Από την εξίσωση Henderson- Hasselbach μπορούμε να υπολογίσουμε τους όγκους διαλυμάτων  $\text{CH}_3\text{COOH}$  και  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1M για την παρασκευή 100 ml ρυθμιστικού διαλύματος:

$5,74 = 4,74 + \log(C_s/C_a)$  οπότε  $\log(C_s/C_a) = 1$  ή  $C_s/C_a = 10$ .

Αν xml ο όγκος  $\text{CH}_3\text{COOH}$  1M και 100-xml ο όγκος  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1M, τότε:

$$(100-x/100) / (x/100) = 10 \quad \text{ή} \quad x=9\text{ml}.$$

Άρα για την παρασκευή 100ml ρυθμιστικού διαλύματος  $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$  με  $\text{pH}=5,74$ , απαιτούνται: 9ml  $\text{CH}_3\text{COOH}$  1M και 91ml  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1M.

## ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ pH=9,26

Κατάλληλη ασθενής βάση είναι η  $\text{NH}_3$  με  $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$ , οπότε  $\text{p}K_b = -\log 1,8 \times 10^{-5} = 4,74$   
 $\text{pOH} = \text{p}K_b + \log(C_s/C_b)$ . Αν  $C_s=C_b$  τότε  $\log(C_s/C_b) = \log 1 = 0$ , άρα  $\text{pOH} = \text{p}K_b = 4,74$ .  
Όμως  $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 4,74 = 9,26$

### ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ



Για την παρασκευή του παραπάνω διαλύματος αναμιγνύουμε 50ml  $\text{NH}_3$  2M με 25ml  $\text{HCl}$  2M και αραιώνουμε με νερό στα 100ml.



Όπως και στο προηγούμενο ρυθμιστικό διάλυμα, βρίσκουμε ότι  $C_s = C_b = 0,5\text{M}$ , άρα:

$\text{pOH} = \text{p}K_b = 4,74$  άρα: **pH = 9,26 (θεωρητική τιμή).**

Με το πεχάμετρο βρίσκουμε: **pH = ----- (πραγματική τιμή).**

**ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ** ενός Ρ.Δ.. ορίζεται ως τα mole ισχυρού οξέος ή βάσης, τα οποία πρέπει να προστεθούν σε 1 λίτρο αυτού, ώστε να μεταβληθεί η τιμή του pH κατά μία μονάδα.

Χρησιμοποιήστε το συνοδευτικό φύλλο excel, (**rithmistiki\_ikanotita.xls**), όπου μπορείτε να υπολογίσετε τη ρυθμιστική ικανότητα των δύο προηγούμενων Ρ.Δ. μετά την προσθήκη 1ml ισχυρού οξέος ή βάσης σε 25ml Ρ.Δ.

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΔΕΙΚΤΕΣ

Αριθμούμε 4 δοκιμαστικούς σωλήνες και εκτελούμε τη διαδικασία που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα και συμπληρώνουμε τα χρώματα.

α/α	Περιεχόμενο δ. σωλήνα (5ml)	Δείκτης (2-3 σταγόνες)	Αρχικό χρώμα	Αντιδραστήριο που προστίθεται	Τελικό χρώμα
1	Νερό (H <sub>2</sub> O)	ηλιανθίνη	κίτρινο	HCl 0,1M (2-3 σταγόνες)	κόκκινο
2	CH <sub>3</sub> COOH-CH <sub>3</sub> COONa	Ηλιανθίνη	κίτρινο	HCl 0,1M (2-3 σταγόνες)	κίτρινο
3	Νερό (H <sub>2</sub> O)	Φαινολοφθαλεΐνη	άχρωμο	NaOH 0,1M (2-3 σταγόνες)	φούξια
4	CH <sub>3</sub> COOH-CH <sub>3</sub> COONa	Φαινολοφθαλεΐνη	άχρωμο	NaOH 0,1M (2-3 σταγόνες)	άχρωμο



**Συμπέρασμα:** Παρατηρούμε ότι στους δοκιμαστικούς σωλήνες 2,4 (ρυθμιστικό διάλυμα), το χρώμα του δείκτη δεν άλλαξε. Έτσι επιβεβαιώνουμε και με τους δείκτες ότι το pH ενός ρυθμιστικού διαλύματος δεν μεταβάλλεται με την προσθήκη μικρής ποσότητας ισχυρού οξέος ή βάσης.

## ΑΡΑΙΩΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Κατά την αραιώση του ρυθμιστικού διαλύματος μειώνονται οι συγκεντρώσεις Cs, Ca, αλλά ο λόγος Cs/Ca δε μεταβάλλεται και επομένως το pH παραμένει (θεωρητικά) σταθερό.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι συγκεντρώσεις Cs, Ca ενός ρυθμιστικού διαλύματος CH<sub>3</sub>COOH-CH<sub>3</sub>COONa, που προκύπτουν κατόπιν διαδοχικών αραιώσεων με νερό βρύσης και οι αντίστοιχες τιμές pH. Επίσης φαίνονται οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις διαλύματος HCl και οι τιμές pH που αντιστοιχούν για σύγκριση:

Ρυθμιστικό διάλυμα CH <sub>3</sub> COOH-CH <sub>3</sub> COONa			Διάλυμα HCl		
Συγκέντρωση Cs=Ca	pH	ΔpH	C <sub>HCl</sub>	pH	ΔpH
0,5M	5,16	-	-	-	-
0,1M	5,19	0,03	0,1M	1,60	-
0,01M	5,41	0,25	0,01M	2,67	1,07
0,005M	5,81	0,65	0,005M	3,30	1,70
0,001M	7,07	1,91	0,001M	7,20	5,60

Παρατηρούμε ότι με την πρώτη αραιώση (5 φορές), (10+40 νερό), το pH παραμένει πρακτικά σταθερό. (ΔpH=0,03).

Με τη 2<sup>η</sup> αραιώση (50 φορές), έχουμε ΔpH=0.25

Με την τρίτη αραιώση (100 φορές), έχουμε ΔpH=0,65 και

με πολύ μεγάλη αραιώση (500 φορές), το διάλυμα γίνεται ουδέτερο, δηλαδή παύει να είναι ρυθμιστικό.

Παρατηρούμε επίσης ότι για τις αντίστοιχες αραιώσεις ενός διαλύματος HCl 0,1M οι μεταβολές pH είναι πολύ μεγαλύτερες.

Παρατηρούμε βέβαια ότι για συγκέντρωση 10<sup>-3</sup>M και στα 2 διαλύματα ερχόμαστε στην ουδέτερη περιοχή.

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:** Το ρυθμιστικό διάλυμα διατηρεί τη ρυθμιστική του ικανότητα με την αραιώση μέχρι ενός ορίου (C>10<sup>-3</sup>M).