

## Παρασκευή και ιδιότητες ρυθμιστικών διαλυμάτων

### Στόχος

#### Οι μαθητές

- ✓ Να παρασκευάσουν ρυθμιστικά διαλύματα ( Ρ.Δ ) ορισμένης τιμής pH, με μερική εξουδετέρωση α) ασθενούς οξέος από ισχυρή βάση και β) ασθενούς βάσης από ισχυρό οξύ.
- ✓ Να αναγνωρίσουν την κύρια ιδιότητα των Ρ.Δ, να κρατούν δηλ. σταθερή την τιμή του pH τους, είτε κατά την προσθήκη μικρών, αλλά υπολογίσιμων, ποσοτήτων ισχυρών οξέων ή ισχυρών βάσεων.
- ✓ Να προσδιορίσουν την ρυθμιστική ικανότητα (ρ.ι) ορισμένου ( Ρ.Δ ).

### Θεωρητικές Επισημάνσεις

Ένα Ρ.Δ πρέπει να περιέχει:

- ✓ **Ασθενές οξύ** και το **άλας** του, που θα είναι το προϊόν της μερικής του εξουδετέρωσης από μια ισχυρή βάση (  $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$  ) ή
- ✓ **ασθενή βάση** και το **άλας** της, που θα είναι το προϊόν της μερικής της εξουδετέρωσης από ένα ισχυρό οξύ (  $\text{NH}_3-\text{NH}_4\text{Cl}$  ).

Το pH του Ρ.Δ, σύμφωνα με την εξίσωση των Henderson-Hasselbach, θα είναι:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{C_s}{C_a} \quad \text{ή} \quad \text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{C_s}{C_b} \quad (1)$$

όπου  $K_a$ ,  $K_b$ = σταθερές ιοντισμού του οξέος και της βάσης αντίστοιχα,

$C_s$  = συγκέντρωση του άλατος,  $C_a$  = συγκέντρωση του οξέος και  $C_b$ = συγκέντρωση της βάσης.

1. **Επιλογή ζευγαριού για παρασκευή Ρ.Δ ορισμένης τιμής pH** . Είναι φανερό, από τη σχέση (1), πως το pH του Ρ.Δ καθορίζεται από την τιμή της σταθεράς ιοντισμού ( $\text{pK}_a, \text{pK}_b$ ). Π.χ αν  $C_s=C_a$ , τότε  $\log C_s/C_a = \log 1=0$ , οπότε  $\text{pH}=\text{pK}_a$ . Αν  $C_s=10C_a$ , τότε  $\log C_s/C_a = \log 10=1$ , οπότε  $\text{pH}=\text{pK}_a+1$ , αν  $C_s=0,1C_a$ , τότε  $\log C_s/C_a = \log 10^{-1}=-1$ , οπότε  $\text{pH}=\text{pK}_a-1$ . Δηλ. το pH του Ρ.Δ παίρνει τιμές στην περιοχή  $\text{pK}_a \pm 1$ . Έτσι, η τιμή της σταθεράς ιοντισμού του οξέος ή της βάσης που επιλέγουμε θα καθορίσει και την τιμή pH του Ρ.Δ που θα παρασκευάσουμε.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές των  $K_a, K_b$  για μερικά οξέα και βάσεις.

<b>οξύ</b>	Χημική ισορροπία σε υδατικό διάλυμα	$K_a/(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{p}K_a$
Υδροφθορικό	$\text{HF} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{F}^-$	$6,9 \cdot 10^{-4}$	3,16
Φορμικό	$\text{HCOOH} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	3,74
Οξικό	$\text{CH}_3\text{COOH} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
<b>βάση</b>		$K_b/(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{p}K_b$
Αμμωνία	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	9,25
Μεθυλαμίνη	$\text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$	$5 \cdot 10^{-4}$	10,70

Έτσι για το  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $K_a=1,8 \cdot 10^{-5}$  που σημαίνει  $\text{p}K_a \approx 4,8$ . Παιζοντας με το λόγο  $C_s/C_a$ , στο ζευγάρι  $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$  μπορούμε να φτιάξουμε Ρ.Δ με pH που η τιμή του να κυμαίνεται από 3,8 μέχρι 5,8.

2. **Ρυθμιστική ικανότητα.** Σημαντικό θέμα για ένα Ρ.Δ είναι η ρυθμιστική του ικανότητα (ρ.ι). Αν σε ορισμένο όγκο του Ρ.Δ προστεθεί μικρή ποσότητα ισχυρού οξέος ή βάσης, θα μεταβληθούν οι συγκεντρώσεις του άλατος και του οξέος (ή του άλατος και της βάσης), λιγότερο ο λόγος τους και ακόμη λιγότερο ο λογάριθμος αυτού του λόγου, που θα έχει συνέπεια μια μικρή μόνο μεταβολή της τιμής του pH. Καλό είναι να επιχειρήσουμε μια εκτίμηση της ρυθμιστικής ικανότητας των διαλυμάτων που θα παρασκευάσουμε, δηλ. να προσδιορίσουμε τα **πολε ισχυρού οξέος ή βάσης, τα οποία πρέπει να προστεθούν σε 1L αυτού, ώστε να μεταβληθεί η τιμή του pH τους κατά μία μονάδα**.

Σ' αυτή την εργαστηριακή άσκηση θα παρασκευάσουμε δύο Ρ.Δ με τιμή pH κοντά στο 5 από το ζευγάρι  $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$  και στο 9 από το ζευγάρι  $\text{NH}_3-\text{NH}_4\text{Cl}$  και στη συνέχεια θα προβούμε στην εκτίμηση της ρυθμιστικής ικανότητας του πρώτου.

#### Όργανα και χημικές ουσίες

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Ογκομετρικές φιάλες των 100 mL</li> <li>• 2 Ογκομετρικοί κύλινδροι των 100 mL</li> <li>• 4 Ποτήρια ζέσεως των 50 mL</li> <li>• 2 Σιφόνια των 10 mL</li> <li>• Πτεχάμετρο ή</li> <li>• Γυάλινη ράβδος</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαλύματα σε στοχονομετρικά φιαλίδια: <ul style="list-style-type: none"> <li>δ. NaOH 2 M</li> <li>δ. <math>\text{CH}_3\text{COOH}</math> 2 M</li> <li>δ. HCl 2 M</li> <li>δ. <math>\text{NH}_3</math> 2 M</li> </ul> </li> <li>• Απιονισμένο νερό</li> </ul>
--	---



**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Τα οξέα που θα χρησιμοποιήσουμε προκαλούν εγκαύματα στο δέρμα και οι ατμοί τους ερεθίζουν τους βλεννογόνους και τα μάτια.

Το υδροξείδιο του νατρίου είναι διαβρωτική ουσία, προκαλεί εγκαύματα στο δέρμα και είναι επικίνδυνη όταν, σταγονίδια διαλύματος του, εκτιναχθούν στα μάτια.

### Πειραματική διαδικασία

#### A. Παρασκευή Ρ.Δ με τιμή $pH \approx 4,8$

Όπως αναφέραμε πιο πάνω, το  $CH_3COOH$ , έχει  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$  που σημαίνει  $pK_a \approx 4,8$ . Για να παρασκευάσουμε Ρ.Δ με τιμή  $pH = 4,8$  ιδανική λύση αποτελεί το ζευγάρι  $CH_3COOH - CH_3COONa$  και σύμφωνα με τη σχέση Henderson-Hasselbach, πρέπει να αναμιχθούν έτσι, που οι συγκεντρώσεις τους να είναι ίσες.

#### Πείραμα

Στην πρώτη ογκομετρική φιάλη των 100 mL εισάγουμε διαδοχικά, με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου, 50 mL διαλύματος  $CH_3COOH$  2M και 25 mL διαλύματος  $NaOH$  2M. Το διάλυμα που προκύπτει αραιώνεται στα 100 mL και περιέχει 25 mL  $CH_3COONa$  (από την μερική εξουδετέρωση του  $CH_3COOH$  με τη βάση  $NaOH$ ) και 25 mL  $CH_3COOH$  (από την περίσσεια). Αν υπολογίσουμε τις συγκεντρώσεις του οξέος και του άλατος (συζυγής βάση  $CH_3COO^-$ ) θα βρούμε ότι είναι ίσες με 0,5M η κάθε μια. Μεταφέρουμε σε ένα ποτήρι των 50 mL ποσότητα 25 mL από Ρ.Δ που παρασκευάσαμε και με το πεχάμετρο ελέγχουμε την τιμή του pH.

$pH = \dots\dots\dots$

#### B. Παρασκευή Ρ.Δ με τιμή $pH \approx 9,3$

Ιδανική λύση για να πετύχουμε Ρ.Δ με τιμή  $pH = 9,3$  αποτελεί το ζευγάρι  $NH_3 - HCl$ , αφού η σταθερά  $K_b$  της αμμωνίας είναι  $1,8 \cdot 10^{-5}$ , που σημαίνει  $pK_b \approx 9,3$ . Σύμφωνα δε, με τη σχέση Henderson-Hasselbach, πρέπει να αναμιχθούν έτσι που οι συγκεντρώσεις τους, μετά τη μερική εξουδετέρωση, να είναι ίσες.

#### Πείραμα

Στην δεύτερη ογκομετρική φιάλη των 100 mL εισάγουμε διαδοχικά, με τη βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου, 50 mL διαλύματος  $NH_3$  2M και διαλύματος  $HCl$  2M. Το διάλυμα που προκύπτει αραιώνεται στα 100 mL και περιέχει 25 mL  $NH_4Cl$  (από την μερική εξουδετέρωση της  $NH_3$  με το  $HCl$ ) και 25 mL  $NH_3$  (από την περίσσεια). Αν υπολογίσουμε τις συγκεντρώσεις της βάσης και του άλατος (συζυγές οξύ  $NH_4^+$ ) θα βρούμε ότι είναι ίσες με 0,5M η κάθε μια. Μεταφέρουμε σε ένα ποτήρι των 50 mL ποσότητα 25 mL από το Ρ.Δ που παρασκευάσαμε και με το πεχάμετρο ελέγχουμε την τιμή του pH.

$pH = \dots\dots\dots$

#### Γ. Προσθήκη ισχυρού οξέος ή βάσης σε Ρ.Δ

1. Αριθμούμε 4 ποτήρια ζέσεως των 50 mL από 1 μέχρι 4 και ρίχνουμε στα δύο πρώτα (1) και (2) από 25 mL απιονισμένο νερό στο καθένα. Ξεπλένουμε καλά το πεχάμετρο μας και μετράμε το pH σε ένα από αυτά.  $pH = \dots\dots\dots$   
Μεταφέρουμε στο τρίτο (3) και στο τέταρτο (4), 25 mL από το πρώτο Ρ.Δ.

2. Στα ποτήρια (1) και (3) ρίχνουμε με το σιφόνι από 1 mL υδροχλωρικό οξύ 2M και ανακατεύουμε προσεκτικά το διάλυμα με γυάλινη ράβδο. Στα ποτήρια (2) και (4) ρίχνουμε με το άλλο σιφόνι από 1 mL NaOH 2M και ανακατεύουμε προσεκτικά. Μετράμε με το πεχάμετρο το pH και στα τέσσερα ποτήρια και συμπληρώνουμε τον ΠΙΝΑΚΑ (I):

Π Ι Ν Α Κ Α Σ (I)

ποτήρι	περιεχόμενο	pH	ρίχνουμε	νέο pH	ΔpH	ρίχνουμε	νέο pH	ΔpH
1	Απιονισμένο νερό		1 mL HCl 2M			2mL HCl 2M		
2	Απιονισμένο νερό		1 mL NaOH 2M			2 mL NaOH 2M		
3	CH <sub>3</sub> COOH/ CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>		1 mL HCl 2M			2mL HCl 2M		
4	CH <sub>3</sub> COOH/ CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>		1 mL NaOH 2M			2 mL NaOH 2M		

3. Από τις μετρήσεις του pH, φαίνεται να επαληθεύεται η ικανότητα του Ρ.Δ να αντιστέκεται στη μεταβολή του pH του από την επίδραση του ισχυρού ηλεκτρολύτη;
4. Προαιρετικά μπορείτε στα 4 ποτήρια να ρίξετε ακόμη 1 mL ισχυρού οξέος ή βάσεως για να διαπιστώσετε πως η μεταβολή του pH του Ρ.Δ δεν εξαρτάται από την ποσότητα του ισχυρού ηλεκτρολύτη;

#### Δ. Προσδιορισμός της ρυθμιστικής ικανότητας του Ρ.Δ

1. Με τη βοήθεια της διαδικασίας Γ και του ΠΙΝΑΚΑ I συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ II και υπολογίστε τη ρυθμιστική ικανότητα (ρ.ι) του Ρ.Δ, στήλη 9.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ (II)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ρυθμιστικό Διάλυμα	Όγκος ρ. διαλύμ.	pH	Όγκος οξ. ή βασ.	Νέο pH	ΔpH	moles οξ. ή βασ.	α = moles οξ. ή βασ.	Ρυθμιστ ικανότη.
CH <sub>3</sub> COOH/ CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>							α=στήλη (7) /στήλη (6)	ρ.ι=40·α moles
CH <sub>3</sub> COOH/ CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>								



Οδηγίες: **1)** στη στήλη (2), γράφουμε τον όγκο σε mL του ρ.δ που μεταφέραμε στα ποτήρια (3) και (4). **2)** στη στήλη (4), γράφουμε τον όγκο σε mL του οξέος ή της βάσης που ρίξαμε στα ποτήρια (3) και (4). **3)** στη στήλη (7), γράφουμε τον αριθμό των moles, του οξέος ή της βάσης που ρίξαμε στα ποτήρια (3) και (4), μετατρέπουμε τα mL σε moles. **4)** στη στήλη (8), γράφουμε τον αριθμό  $\alpha$  που είναι τα moles του οξέος ή της βάσης που απαιτούνται για να μεταβληθεί το pH των 25 mL του ρ.δ κατά μία μονάδα. αυτός βρίσκεται αν διαιρέσω τη στήλη (7) με τη στήλη (6) και **5)** Τέλος στη στήλη (9) γράφουμε την τιμή της  $p_i$  του διαλύματος που είναι 40 φορές το  $\alpha$ .

**γ. κουρούκλης**

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

ΛΙΟΔΑΚΗΣ ΣΤ. - ΓΑΚΗΣ ΔΗΜ.(2005) Εργαστηριακός οδηγός ΧΗΜΕΙΑΣ, γ' λυκείου, κατεύθυνσης, ΟΕΔΒ.

ΤΣΙΠΗΣ Κ. - ΒΑΡΒΟΓΛΗΣ Α. (2000) Χημεία Γ' Ενιαίου Λυκείου, Θετικής κατεύθυνσης, εργαστηριακός οδηγός, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.

ΜΗΤΣΙΑΔΗΣ Σ. (1994) Οδηγός πειραμάτων χημείας, Εκδόσεις Σαββάλα.

Κεφαλονιάς

Κεφ'ε