

## **8. Μελέτη ρυθμιστικών διαλυμάτων**

### **Σκοπός**

Σκοπός της παρούσας εργαστηριακής άσκησης είναι να γνωρίσουμε τον τρόπο παρασκευής ενός ρυθμιστικού διαλύματος και ακολούθως να μελετήσουμε τη δράση του, δηλαδή να διαπιστώσουμε πειραματικά την αντίσταση που προβάλλει ένα ρυθμιστικό διάλυμα σε επιχειρούμενη μεταβολή του pH του με προσθήκη μικρών ποσοτήτων ισχυρών οξέων ή βάσεων.

### **Προσδοκώμενα αποτελέσματα**

**Όταν θα έχετε εκτελέσει αυτό το πείραμα θα μπορείτε να:**

- Παρασκευάζετε ένα ρυθμιστικό διάλυμα ορισμένου pH.
- Μετράτε το pH και να προσδιορίζετε τη ρυθμιστική χωρητικότητα ενός ρυθμιστικού διαλύματος.
- Χειρίζεστε με μεγαλύτερη δεξιότητα την προχοΐδα και να πραγματοποιείτε ογκομετρήσεις.

### **Θεωρητικό υπόβαθρο**

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΟΙΝΟΥ ΙΟΝΤΟΣ - ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ (Ebbing / Gammon, Ενότητες 16.5 και 16.6)

### **Μέτρα προστασίας**

- Συμβουλευτείτε τους «Κανόνες και τα μέτρα ασφαλείας εργαστηρίου» που αναφέρονται στις πρώτες σελίδες του παρόντος εγχειριδίου.
- Τα οξέα και οι βάσεις είναι ουσίες επιβλαβείς για δέρμα και μάτια. Φορέστε προστατευτικά γυαλιά. Ξεπλύνετε αμέσως με άφθονο τρεχούμενο νερό τα μέρη του δέρματος που ήρθαν σε επαφή με διάλυμα οξέος ή βάσεως. Ενημερώστε σχετικά τον επιβλέποντα.



## 8. Μελέτη ρυθμιστικών διαλυμάτων

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ

Όνοματεπώνυμο .....

Τμήμα (Α.Μ.) .....

Ημερομηνία .....

Επιβλέπων .....

1. Ποια είναι η χρήσιμη περιοχή pH ενός ρυθμιστικού διαλύματος HA-NaA, αν η τιμή  $pK_a$  του οξέος είναι ίση με 5,32;

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

2. Ποιο από τα ασθενή οξέα που δίνονται στο πειραματικό μέρος θεωρείτε καταλληλότερο για την παρασκευή ρυθμιστικού διαλύματος με  $pH = 7,00$ ; Εξηγήστε.

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

3. 50,0 mL οξικού οξέος 0,100 M ( $pK_a=4,75$ ) εξουδετερώνονται εν μέρει με NaOH 0,100 M. Υπολογίστε το pH του ρυθμιστικού διαλύματος που παράγεται, όταν έχουν προστεθεί 20,0 mL NaOH.

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

4. Γιατί όταν προσθέσουμε 50 mmol NaOH σε 50 mmol οξικού οξέος δεν προκύπτει ένα καλό ρυθμιστικό διάλυμα;

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

5. Πόσα moles υδροφθορικού οξέος, HF, πρέπει να προστεθούν σε 500,0 mL διαλύματος φθοριδίου του νατρίου 0,30 M για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με  $\text{pH} = 3,50$ ; Αγνοήστε τη μεταβολή όγκου από την προσθήκη του υδροφθορικού οξέος.

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Όργανα - Σκεύη

- pH-μετρο
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Προχοΐδα των 50 mL
- Σιφόνια των 10, 20, 25 και 30 mL
- Ποτήρια ζέσεως των 100 και 400 mL

### Χημικές ουσίες - Υλικά

Διαλύματα συγκεντρώσεως 0,100 M των ακόλουθων ασθενών οξέων:

- Οξικό οξύ ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $pK_a = 4,74$ ),
- Μυρμηκικό οξύ ( $\text{HCOOH}$ ,  $pK_a = 3,89$ ),
- Διυδρογονοφωσφορικό κάλιο ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $pK_a = 7,20$ ),
- Φθαλικό οξύ [ $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ ,  $pK_a = 3,74$ ],
- Υδρογονοφθαλικό κάλιο ( $\text{C}_6\text{H}_4\text{COOHCOOK}$ ,  $pK_a = 5,41$ )
- Πρότυπο διάλυμα NaOH 0,100 M
- Πρότυπο HCl 0,100 M

### Πειραματική πορεία

#### A. Παρασκευή ρυθμιστικού διαλύματος

1. Θερμάνετε μέχρι βρασμού και για 5 min 200 mL απεσταγμένου (ή απιοντισμένου) νερού που έχετε τοποθετήσει σε ποτήρι ζέσεως (Παρατήρηση 1). Αφήστε το νερό να κρυώσει.
2. Μεταφέρετε με σιφόνιο 20,0 mL από το διάλυμα του ασθενούς οξέος HA που σας έχει υποδείξει ο επιβλέπων, σε ποτήρι ζέσεως των 100 mL και προσθέστε σ' αυτό 20,0 mL διαλύματος NaOH. Προκύπτουν έτσι 40,0 mL διαλύματος, στο οποίο η συγκέντρωση του ανιόντος του οξέος είναι  $[\text{A}^-] = 0,050 \text{ M}$ .
3. Μεταφέρετε με σιφόνιο 20,0 mL από το διάλυμα του οξέος HA σ' ένα δεύτερο ποτήρι των 100 mL και προσθέστε 20,0 mL βρασμένου νερού (που έχει κρυώσει). Το διάλυμα που προκύπτει έχει όγκο 40,0 mL και σ' αυτό η συγκέντρωση του αδιάστατου οξέος είναι  $[\text{HA}] = 0,050 \text{ M}$ .
4. Αναμίξτε τα δύο διαλύματα. Παράγεται κατ' αυτό τον τρόπο ένα διάλυμα όγκου 80,0 mL, στο οποίο  $[\text{HA}] = 0,025 \text{ M}$  και  $[\text{A}^-] = 0,025 \text{ M}$ . Το διάλυμα αυτό θα αναφέρεται ως ρυθμιστικό διάλυμα **a**.
5. Μεταφέρετε με σιφόνιο 40,0 mL από το διάλυμα του οξέος HA σ' ένα ποτήρι ζέσεως των 100 mL. Σ' αυτό προσθέστε πρώτα 10,0 mL βρασμένου νερού και ακολούθως 30,0 mL διαλύματος NaOH. Στο διάλυμα που παράγεται (80,0 mL) η συγκέντρωση  $[\text{A}^-]$  είναι περίπου τρεις φορές μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση  $[\text{HA}]$ . Το διάλυμα αυτό θα αναφέρεται ως ρυθμιστικό διάλυμα **b**.

#### B. Μέτρηση του pH και προσδιορισμός της ρυθμιστικής χωρητικότητας

1. Μεταφέρετε 25,0 mL από το ρυθμιστικό διάλυμα **a** σε ποτήρι ζέσεως των 100 mL και μετρήστε το pH του διαλύματος με pH-μετρο.
2. Με τη βοήθεια προχοΐδας, αρχίστε να προσθέτετε κατά σταγόνες και υπό συνεχή ανάδευση διάλυμα HCl, έως ότου το pH αλλάξει κατά 0,40 μονάδες pH περίπου. Καταγράψτε το pH και τον όγκο του διαλύματος HCl που προσθέσατε.
3. Συνεχίστε την προσθήκη κατά σταγόνες του διαλύματος HCl. Διακόπτετε την προσθήκη κάθε φορά που το pH μεταβάλλεται κατά 0,40 μονάδες περίπου και καταγράφετε την τιμή του pH, καθώς και τον *συνολικό* όγκο του διαλύματος HCl. Σταματήστε τελείως να προσθέτετε διάλυμα HCl, όταν το pH έχει μεταβληθεί *συνολικά* κατά 2 μονάδες (Παρατήρηση 2).

4. Επαναλάβετε τα στάδια 1-3 με 25,0 mL από το ρυθμιστικό διάλυμα *b*.
5. Μεταφέρετε 25,0 mL από το βρασμένο νερό σε ποτήρι ζέσεως των 100 mL. Μετρήστε και καταγράψτε το pH του νερού. Με τη βοήθεια προχοΐδας αρχίστε να προσθέτετε ποσότητες διαλύματος HCl των 5 σταγόνων, καταγράφοντας κάθε φορά το pH και τον *συνολικό όγκο* του οξέος, μέχρις ότου το pH μεταβληθεί κατά 3-4 μονάδες (Παρατήρηση 3).
6. Μεταφέρετε 25,0 mL από το υπόλοιπο του ρυθμιστικού διαλύματος *a* σ' ένα ποτήρι των 100 mL.
7. Με τη βοήθεια προχοΐδας αρχίστε να προσθέτετε κατά σταγόνες και υπό συνεχή ανάδευση διάλυμα NaOH, έως ότου το pH αλλάξει κατά 0,40 μονάδες. Καταγράψτε το pH και τον όγκο του διαλύματος NaOH που προσθέσατε.
8. Συνεχίστε την προσθήκη κατά σταγόνες του διαλύματος NaOH. Διακόπτετε την προσθήκη κάθε φορά που το pH μεταβάλλεται κατά 0,40 μονάδες περίπου και καταγράφετε την τιμή του pH, καθώς και τον *συνολικό όγκο* του διαλύματος NaOH. Σταματήστε τελείως να προσθέτετε διάλυμα NaOH, όταν το pH έχει μεταβληθεί συνολικά κατά 2 μονάδες.
9. Επαναλάβετε τα στάδια 6-8 με 25,0 mL από το ρυθμιστικό διάλυμα *b*.
10. Επαναλάβετε το στάδιο 5, χρησιμοποιώντας διάλυμα NaOH στη θέση του διαλύματος HCl (Παρατήρηση 4).

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Με τον βρασμό απομακρύνεται το διαλυμένο στο νερό διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο ως ανυδρίτης οξέος μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα του πειράματος, αν δεν εκδιωχθεί.
2. Είναι αρκετά δύσκολο να μεταβάλλετε κάθε φορά το pH ακριβώς κατά 0,40 μονάδες. Προσπαθήστε πάντως, στις πέντε συνολικά μετρήσεις που θα κάνετε, να καταγράψτε την ακριβή τιμή του pH και τον ακριβή όγκο του οξέος (ή της βάσεως) που προσθέτετε (ακρίβεια  $\pm 0,01$  μονάδες).
3. Η προσθήκη του οξέος γίνεται υπό συνεχή μαγνητική ανάδευση.
4. Εδώ η μεταβολή του pH μπορεί να υπερβεί τις 5 μονάδες.

## ΔΙΑΘΕΣΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ

Αναμίξτε όλα τα διαλύματα σ' ένα μεγάλο ποτήρι ζέσεως και αφού εξετάσετε το pH του μίγματος χρησιμοποιώντας ως δείκτη φαινολοφθαλεΐνη, εξουδετερώστε με διάλυμα HCl 1 M (μέχρι να εξαφανισθεί το ερυθροϊώδες χρώμα) ή με διάλυμα NaOH 1 M (μέχρι να εμφανισθεί το ερυθροϊώδες χρώμα). Απορρίψτε το διάλυμα που προκύπτει στη λεκάνη αποχέτευσης.

ΦΥΛΛΟ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ
ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΤΜΗΜΑ (Α.Μ.)
<b>8</b>	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
<b>Μελέτη ρυθμιστικών διαλυμάτων</b>	ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

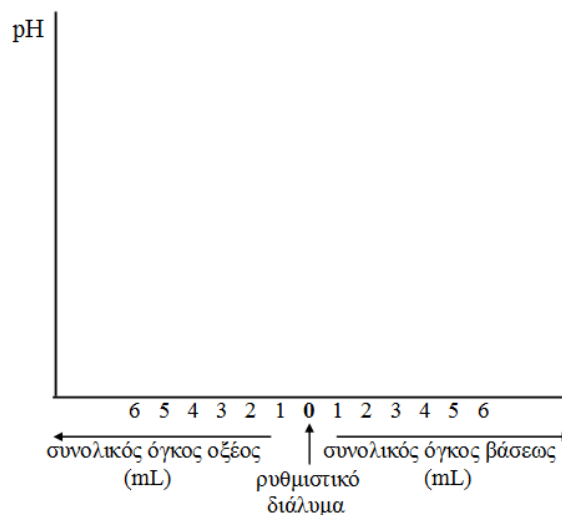
1. Καταγράψετε τους *συνολικούς* όγκους σε mL των διαλυμάτων HCl 0,100 M και NaOH 0,100 M που προσθέσατε, καθώς και τις παρατηρούμενες τιμές pH για κάθε ρυθμιστικό διάλυμα και το νερό.

Ρυθμιστικό διάλυμα <i>a</i>		Ρυθμιστικό διάλυμα <i>b</i>		Απεσταγμένο νερό	
Αρχικό pH		Αρχικό pH		Αρχικό pH	
pH	Όγκος οξέος που προστέθηκε (mL)	pH	Όγκος οξέος που προστέθηκε (mL)	pH	Όγκος οξέος που προστέθηκε (mL)*
pH	Όγκος βάσεως που προστέθηκε (mL)	pH	Όγκος βάσεως που προστέθηκε (mL)	pH	Όγκος βάσεως που προστέθηκε (mL)*

\* Δεχόμαστε ότι 5 σταγόνες διαλύματος αντιστοιχούν σε 0,25 mL

2. Για κάθε ρυθμιστικό διάλυμα παραστήσετε γραφικά τις παραπάνω τιμές έναντι του συνολικού όγκου του προστιθέμενου οξέος και βάσεως (Σχήμα 1). (Χρησιμοποιήστε το διαγραμμισμένο φύλλο).

**Σχήμα 1** Οι άξονες *x*, *y* για τη γραφική παράσταση των δεδομένων ρυθμιστικής χωρητικότητας. Στο σημείο 0 του οριζόντιου άξονα αντιστοιχούμε το pH του ρυθμιστικού διαλύματος.



3. Εκφράστε τη ρυθμιστική χωρητικότητα ως αριθμό mmoles ισχυρού οξέος ή βάσεως που απαιτούνται για μεταβολή του pH ενός λίτρου ρυθμιστικού διαλύματος κατά  $\pm 1$  μονάδα pH. Θεωρήστε ότι η ρυθμιστική χωρητικότητα έχει φθάσει στα όριά της, όταν το pH μεταβληθεί κατά  $\pm 1$  μονάδα από την αρχική τιμή pH του ρυθμιστικού διαλύματος. Προσδιορίστε τη ρυθμιστική χωρητικότητα για καθένα από τα παρακάτω διαλύματα βάσει της γραφικής σας παράστασης.

**Ρυθμιστική χωρητικότητα: mmol H<sup>+</sup> (ή mmol OH<sup>-</sup>)/L ρυθμιστικού διαλύματος**

	<u>Ισχυρό οξύ</u>	<u>Ισχυρή βάση</u>
Ρυθμιστικό διάλυμα <i>a</i> :	.....	.....
Ρυθμιστικό διάλυμα <i>b</i> :	.....	.....

4. Ποιο συμπέρασμα εξάγετε από τη σύγκριση της ρυθμιστικής χωρητικότητας των δύο διαλυμάτων;

5. Ποιο συμπέρασμα εξάγετε από τις μεταβολές pH που παρατηρήσατε κατά την προσθήκη του διαλύματος HCl και NaOH στο καθαρό νερό;



6. Χρησιμοποιήστε την εξίσωση Henderson-Hasselbach, τα δεδομένα από το πειραματικό μέρος Α και τη μέθοδο παρασκευής καθενός ρυθμιστικού διαλύματος για να υπολογίσετε το pH των ρυθμιστικών διαλυμάτων *a* και *b*. Συγκρίνετε το pH που υπολογίσατε (θεωρητική τιμή) με το pH που μετρήσατε (πειραματική τιμή) και βρείτε το % σφάλμα που έχουμε στη θεωρητική τιμή.

<u>Ρυθμιστικό διάλυμα</u>	<u>Θεωρητική τιμή</u>	<u>Πειραματική τιμή</u>	<u>% Σφάλμα</u>
<i>a</i>	.....	.....	.....
<i>b</i>	.....	.....	.....

