

Η επίδραση της συγκέντρωσης των συστατικών του ρυθμιστικού διαλύματος, στη ρύθμιση του pH.

Συντάκτης: Παύλος Αρβανίτης, Χημικός

ΓΝΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ

Ρυθμιστικά διαλύματα (Ρ.Δ.) είναι διαλύματα που διατηρούν πρακτικά σταθερή την τιμή του pH τους, αν δεχθούν στη μάζα τους μικρές ποσότητες ισχυρών οξέων ή βάσεων.

Είναι διαλύματα ασθενών οξέων (HA) με τη συζυγή τους βάση (A⁻) ή ασθενών βάσεων (B) με το συζυγές τους οξύ (BH⁺).

Το pH που ρυθμίζουν παρέχεται από την εξίσωση των Henderson-Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \text{C}_b/\text{C}_a.$$

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Η εξίσωση των Henderson-Hasselbalch: $\text{pH} = \text{pK}_a + \log \text{C}_b/\text{C}_a$, ισχύει, εφόσον οι συγκεντρώσεις C_a , C_b δεν είναι μικρότερες από 10^{-3}M .

Τα ρυθμιστικά διαλύματα για να έχουν ικανότητα ρύθμισης του pH, θα πρέπει: $1/10 \leq \text{C}_b/\text{C}_a \leq 10/1$ και τότε η περιοχή ρύθμισης προσδιορίζεται στο διάστημα τιμών: $\text{pK}_a-1 \leq \text{pH} \leq \text{pK}_a+1$, εφόσον η ποσότητα του ισχυρού οξέος ή βάσης είναι μικρή, για το εν λόγω Ρ.Δ.. Αν δε, ισχύει: $\text{C}_a, \text{C}_b \approx 10\text{C}$, (όπου C η αρχική στιγμιαία συγκέντρωση του ισχυρού οξέος ή βάσης στην αγκαλιά του Ρ.Δ.) τότε, $\Delta\text{pH} \approx 0$.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Να μπορούν οι μαθητές/τριες:

- ✓ Να διαπιστώνουν την ικανότητα ρύθμισης του pH των ρυθμιστικών διαλυμάτων και να ελέγχουν κατά συνέπεια τις προβλέψεις τους.
- ✓ Να ανακαλύψουν την συμπεριφορά των ρυθμιστικών διαλυμάτων, σε μια προοδευτική αραιώση τους.
- ✓ Να κατανοήσουν, τη χρήση και τις δυνατότητες των ρυθμιστικών διαλυμάτων, αν ο λόγος C_b/C_a μεταβάλλεται.
- ✓ Να αποσαφηνιστεί η εσφαλμένη αντίληψη ότι: «οποιαδήποτε συνύπαρξη συζυγών, δηλ. Ε.Κ.Ι., είναι και ρυθμιστικό διάλυμα».

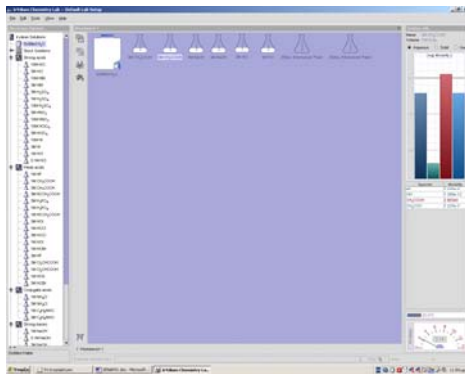
A) Στο πραγματικό εργαστήριο

Απαραίτητα όργανα / Φ.Ε.	Αντιδραστήρια
<ul style="list-style-type: none"> ο 4 ογκομετρικές φιάλες των 100mL ο 1 ογκομετρική φιάλη των 1000mL ο 2x6 ευρύχωροι δοκιμαστικοί σωλήνες ο 2 ογκομετρικοί κύλινδροι των 100mL ο 1 ογκομετρικός κύλινδρος των 10mL ο 1 χωνί ο 1 ποτήρι ζέσεως των 250mL ο 2 δοκιμαστικά σωληνάκια ο 2 σταγονόμετρα ο pHμετρο ή pHμετρικό χαρτί ακριβείας ο 1 γυάλινη ράβδος ο 1 υδροβολέας 	<p>Διαλύματα 4M</p> <ul style="list-style-type: none"> ο NaOH ο HCl ο NH₃ ο CH₃COOH <p>Διαλύματα 1M</p> <ul style="list-style-type: none"> ο NaOH ο HCl



B) Στο εικονικό εργαστήριο

Θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό IγYdium Vlab, που είναι ένα ανοικτό περιβάλλον κατάλληλο για την επεξεργασία του εν λόγω θέματος.



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

A1. Παρασκευή σειράς Ρ.Δ. $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$.

Σε ογκομετρική φιάλη των 100mL εισάγονται με ογκομετρικό κύλινδρο 50mL διαλύματος CH_3COOH 4M και 25mL διαλύματος NaOH 4M και το διάλυμα που προκύπτει αραιώνεται στα 100mL (ΡΔ₁).

Από το παραπάνω διάλυμα (ΡΔ₁) λαμβάνονται με ογκομετρικό κύλινδρο 50mL και εισάγονται σε ογκομετρική φιάλη των 100mL και αραιώνονται στα 100mL (ΡΔ₂).

Από το διάλυμα (ΡΔ₂) λαμβάνονται με ογκομετρικό κύλινδρο 50mL και εισάγονται σε ογκομετρική φιάλη των 100mL και αραιώνονται στα 100mL (ΡΔ₃).

Από το διάλυμα (ΡΔ₃) λαμβάνονται με ογκομετρικό κύλινδρο 20mL και εισάγονται σε ογκομετρική φιάλη των 1000mL και αραιώνονται στα 1000mL (ΡΔ₄).

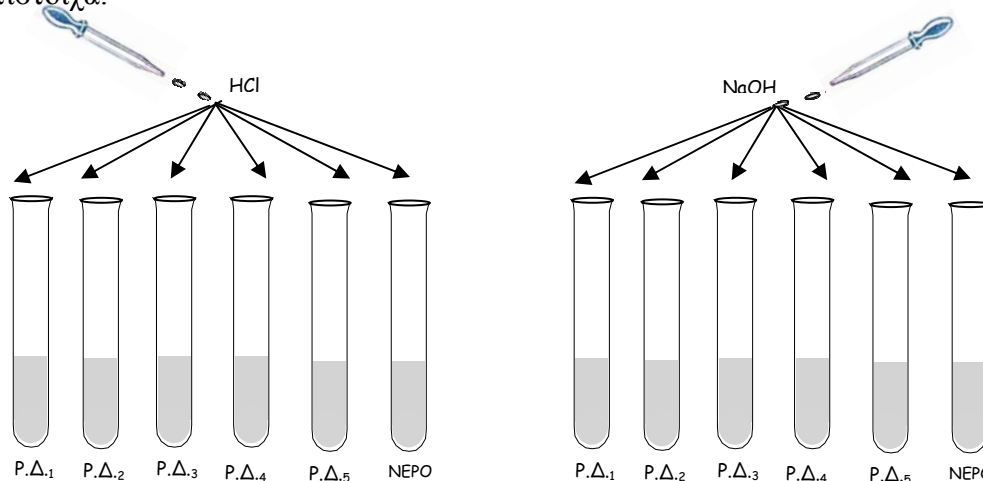
Σε ογκομετρική φιάλη των 100mL εισάγονται με ογκομετρικό κύλινδρο 11mL διαλύματος CH_3COOH 4M και 1mL διαλύματος NaOH 4M και το διάλυμα που προκύπτει αραιώνεται στα 100mL (ΡΔ₅).

A2. Μεταβολή της τιμής pH των Ρ.Δ. $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$.

Από καθένα από τα Ρ.Δ. της σειράς $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$, πάρτε σε δοκιμαστικό σωλήνα, με ογκομετρικό κύλινδρο, 25mL και προσθέστε 2mL από το διάλυμα του HCl 1M. Μετρήστε την τιμή του pH.

Από καθένα από τα Ρ.Δ. της σειράς $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$, πάρτε σε δοκιμαστικό σωλήνα, με ογκομετρικό κύλινδρο, 25mL και προσθέστε 2mL από το διάλυμα του NaOH 1M. Μετρήστε την τιμή του pH.

Προσθέστε σε δύο δοκιμαστικούς σωλήνες, 25mL απιοντισμένου νερού και στη συνέχεια προσθέστε σ' αυτούς, τις ίδιες ποσότητες (2mL), HCl 1M και NaOH 1M, αντίστοιχα.



Μετρήστε πειραματικά με pHμετρο ή pHμετρικό χαρτί ακριβείας την τιμή του pH των διαλυμάτων, των σωλήνων, πριν & μετά την προσθήκη του ισχυρού ηλεκτρολύτη.

B1. Παρασκευή της σειράς P.Δ. $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$, του πραγματικού εργαστηρίου, στο εικονικό εργαστήριο (vlab).

Χρησιμοποιούμε τα πυκνά διαλύματα που διαθέτει το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου.

B2. Μεταβολή της τιμής pH των P.Δ. $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$.

Εφαρμόζουμε την ίδια ακριβώς πειραματική εργασία με το πραγματικό εργαστήριο.

➤ Παρακολουθείστε τις αντίστοιχες με το πραγματικό εργαστήριο, τιμές pH, που δίνει το εικονικό εργαστήριο & καταγράψτε τις στον πίνακα καταγραφής των αποτελεσμάτων.

ΣΧΟΛΙΟ

Μπορούμε την ίδια ακριβώς πειραματική διαδικασία, να την εφαρμόσουμε, για σειρά ρυθμιστικών διαλυμάτων $\text{NH}_3 - \text{NH}_4\text{Cl}$.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΟΝΟΜΑ: ΟΜΑΔΑ:

1.1 ΠΡΟΒΛΕΨΗ

Έχετε τα «Ρυθμιστικά Διαλύματα» της σειράς: $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$. Υπολογίστε τις συγκεντρώσεις τους:

$\text{P}\Delta_1$	$\text{P}\Delta_2$	$\text{P}\Delta_3$	$\text{P}\Delta_4$	$\text{P}\Delta_5$	NEPO
Ca = Cb =	Ca = Cb =	Ca = Cb =	Ca = Cb =	Ca = Cb =	

Να ταξινομήσετε τα παραπάνω «Ρυθμιστικά Διαλύματα» μαζί με το νερό κατ' αυξανόμενη μεταβολή της τιμής του pH (ΔpH) που θα προκληθεί, κατά την προσθήκη σε ίσο όγκο αυτών, ίσης ποσότητας ισχυρού οξέος και ισχυρής βάσης.

HCl	
NaOH	

1.2 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Από τα πυκνά διαλύματα που διαθέτει το περιβάλλον του πραγματικού & εικονικού εργαστηρίου, με στοιχειομετρικούς υπολογισμούς και αραιώσεις, παρασκευάζονται τα πέντε «Ρυθμιστικά Διαλύματα» κάθε σειράς.

Καταγράφετε, στον πίνακα που ακολουθεί, την τιμή του pH τους.

Σε δύο σειρές των 25mL, των παραπάνω «Ρυθμιστικών Διαλυμάτων» και νερού προσθέτετε από 2mL HCl 1M & 2mL NaOH 1M αντίστοιχα σε κάθε σειρά και καταγράφετε, στον πίνακα που ακολουθεί, τη νέα τιμή του PH τους.

- Από το πραγματικό εργαστήριο.
- Από το εικονικό εργαστήριο, με το θερμομέτρο στους 25°C.
- Υπολογίστε θεωρητικά τις τιμές του pH σε κάθε πειραματική διαδικασία και καταγράψτε τες στον πίνακα που ακολουθεί.

1.3 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Πίνακας καταγραφής πειραματικών & θεωρητικών αποτελεσμάτων ($\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$)

P.Δ.	Πειραματική τιμή pH	Πειραματική τιμή pH (Vlab)/25°C	Θεωρητική τιμή pH 25°C	Πειραματική τιμή pH με προσθήκη 2mL/C = 1M		Πειραματική τιμή pH με προσθήκη 2mL/C = 1M (Vlab)/25°C		Θεωρητική τιμή pH με προσθήκη 2mL/C = 1M 25°C	
				HCl	NaOH	HCl	NaOH	HCl	NaOH
$\text{P}\Delta_1$									
$\text{P}\Delta_2$									
$\text{P}\Delta_3$									
$\text{P}\Delta_4$									
$\text{P}\Delta_5$									
NEPO									

Πίνακες καταγραφής της μεταβολής της τιμής του pH

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Από τις πειραματικά προσδιοριζόμενες τιμές, μετά από προσθήκη HCl.

	PΔ ₁		PΔ ₂		PΔ ₃		PΔ ₄		PΔ ₅		NEPO	
	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab
ΔpH												

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Από τις πειραματικά προσδιοριζόμενες τιμές, μετά από προσθήκη NaOH.

	PΔ ₁		PΔ ₂		PΔ ₃		PΔ ₄		PΔ ₅		NEPO	
	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab
ΔpH												

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Από τις θεωρητικά υπολογιζόμενες τιμές, μετά από προσθήκη HCl.

	PΔ ₁	PΔ ₂	PΔ ₃	PΔ ₄	PΔ ₅	NEPO
ΔpH						

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Από τις θεωρητικά υπολογιζόμενες τιμές, μετά από προσθήκη NaOH.

	PΔ ₁	PΔ ₂	PΔ ₃	PΔ ₄	PΔ ₅	NEPO
ΔpH						

1.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ

Γράψτε την ταξινόμηση που υπαγορεύουν τα πειραματικά δεδομένα:

HCl	
NaOH	

Η πρόβλεψή σας ήταν σύμφωνη με την παραπάνω ταξινόμηση;

1.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ & ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Προσπαθήστε να εξηγήσετε τις διαφορές μεταξύ των πειραματικών & θεωρητικά υπολογιζόμενων αποτελεσμάτων.

1.6 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

α) Γιατί η τιμή του pK_a ενός ρυθμιστικού διαλύματος, θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στην τιμή του pH χρήσης του;

β) Τι μεταβολή θα παρατηρούσατε στις τιμές των ΔpH κατά την προσθήκη HCl & NaOH στα ρυθμιστικά διαλύματα, αν ο λόγος C_b/C_a μεταβάλλεται προοδευτικά;

γ) Γιατί, στο εικονικό εργαστήριο, η τιμή του pH των ρυθμιστικών διαλυμάτων που μεσολαβούν μεταξύ των PΔ₄ & PΔ₅ είναι διαφοροποιημένη από την τιμή pH που δίνει για τα PΔ₁, PΔ₂, PΔ₃ & PΔ₄;

δ) Ποια προϋπόθεση νομίζετε ότι πρέπει να πληροί ένα PΔ για να εμφανίζει τη μέγιστη ικανότητα ρύθμισης του pH;



ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Α) ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

ΡΔ ₁	ΡΔ ₂	ΡΔ ₃	ΡΔ ₄	ΡΔ ₅	NEPO
Ca = 1M Cb = 1M	Ca = 0,5M Cb = 0,5M	Ca = 0,25M Cb = 0,25M	Ca = 0,005M Cb = 0,005M	Ca = 0,4M Cb = 0,04M	

Πίνακας καταγραφής πειραματικών & θεωρητικών αποτελεσμάτων (CH₃COOH – CH₃COONa)

Ρ.Δ.	Πειραματική τιμή pH με ρΗμετρικό χαρτί	Πειραματική τιμή pH (Vlab)/25°C	Θεωρητική τιμή pH 25°C	Πειραματική τιμή pH με προσθήκη 2mL/C = 1M		Πειραματική τιμή pH με προσθήκη 2mL/ C = 1M (Vlab)/25°C		Θεωρητική τιμή pH με προσθήκη 2mL/ C = 1M 25°C	
				HCl	NaOH	HCl	NaOH	HCl	NaOH
ΡΔ ₁	5	4,75	4,74	5	5	4,68	4,82	4,67	4,81
ΡΔ ₂	5	4,75	4,74	5	5	4,61	4,89	4,60	4,88
ΡΔ ₃	5	4,75	4,74	5	5	4,46	5,04	4,45	5,03
ΡΔ ₄	5	4,75	4,74	1	13	1,15	12,83	1,16	12,84
ΡΔ ₄ ' C=510 ⁻⁵ M		4,95	4,74						
ΡΔ ₄ '' C=510 ⁻⁷ M		6,30	4,74						
ΡΔ ₄ ''' C=510 ⁻⁹ M		6,98	4,74						
ΡΔ ₅	4	3,75	3,74	1	4	1,42	4,33	1,43	4,31
NEPO	7	6,99	7	1	13	1,13	12,86	1,13	12,87

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Από τις πειραματικά προσδιοριζόμενες τιμές, μετά από προσθήκη HCl.

	ΡΔ ₁		ΡΔ ₂		ΡΔ ₃		ΡΔ ₄		ΡΔ ₅		NEPO	
	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab
ΔpH	0	-0,07	0	-0,14	0	-0,29	4	-3,58	3	-2,33	6	-5,86

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Από τις πειραματικά προσδιοριζόμενες τιμές, μετά από προσθήκη NaOH.

	ΡΔ ₁		ΡΔ ₂		ΡΔ ₃		ΡΔ ₄		ΡΔ ₅		NEPO	
	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab	Εργ	Vlab
ΔpH	0	+0,07	0	+0,14	0	+0,29	8	+8,10	0	+0,58	6	+5,87

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Από τις θεωρητικά υπολογιζόμενες τιμές, μετά από προσθήκη HCl.

	ΡΔ ₁	ΡΔ ₂	ΡΔ ₃	ΡΔ ₄	ΡΔ ₅	NEPO
ΔpH	-0,07	-0,14	-0,29	-3,60	-2,31	-5,87

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Από τις θεωρητικά υπολογιζόμενες τιμές, μετά από προσθήκη NaOH.

	ΡΔ ₁	ΡΔ ₂	ΡΔ ₃	ΡΔ ₄	ΡΔ ₅	NEPO
ΔpH	+0,07	+0,14	+0,29	+8,12	+0,57	+5,87

Σημείωση:

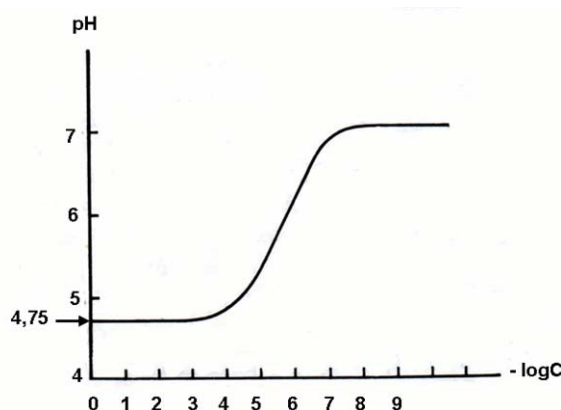
Τα τρία πειράματα που μεσολαβούν μεταξύ των ρυθμιστικών διαλυμάτων $PΔ_4$ & $PΔ_5$, πραγματοποιούνται, λόγω οικονομίας χρόνου, στο περιθώριο της πειραματικής διαδικασίας, μόνο από το εικονικό εργαστήριο.

Β) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΣΤΟΧΩΝ

Γίνεται φανερό:

1. Από τις μετρήσεις στα $PΔ_1$, $PΔ_2$, & $PΔ_3$. Όσο οι συγκεντρώσεις των συζυγών μειώνονται, η ικανότητα ρύθμισης του pH μειώνεται. Επίσης γίνεται αντιληπτό ότι η ΔpH είναι σταθερή απέναντι στο οξύ και τη βάση.

2. Από τις μετρήσεις στα $PΔ_4$ & Η αραιώση του ρυθμιστικού διαλύματος στο επίπεδο συγκέντρωσης των συζυγών σε τιμή μικρότερη του $10^{-3}M$, μεταβάλλει την τιμή του pH του, συνέπεια στην οποία δεν μπορούμε να καταλήξουμε από τους θεωρητικούς υπολογισμούς μέσω της εξίσωσης Henderson - Hasselbalch.



Επίσης εξαφανίζει την ικανότητα ρύθμισης του pH του, για τη συγκεκριμένη ποσότητα ισχυρού οξέος ή βάσης.

3. Από τις μετρήσεις στα $PΔ_5$. Η μεταβολή της τιμής του λόγου Cb/Ca , αποδυναμώνει την ισοδύναμη ικανότητα ρύθμισης του pH του ρυθμιστικού διαλύματος, απέναντι σε ισχυρό οξύ και σε ισχυρή βάση. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η προσθήκη ισχυρού οξέος καθίσταται μια σημαντική-υπερβολική ποσότητα για το εν λόγω ρυθμιστικό διάλυμα, ενώ εμφανίζει ικανότητα ρύθμισης απέναντι στην ισχυρή βάση.

Γ) Ένα 2ο Φ.Ε. που θα έχει την ίδια δομή με το 1ο Φ.Ε., θα αφορά τη σειρά των ρυθμιστικών διαλυμάτων $NH_3 - NH_4Cl$.

