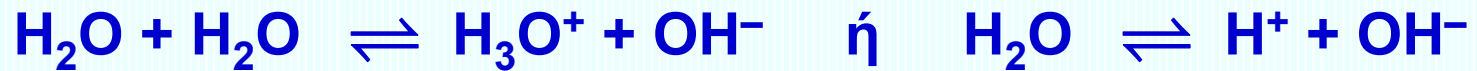


# Μέτρηση pH – Ρυθμιστικά διαλύματα

Η έννοια του pH:



$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \Rightarrow K[\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

$K[\text{H}_2\text{O}] = K_w =$  γινόμενο ιόντων νερού ή σταθερά διάστασης νερού

$$\Rightarrow \text{σε καθαρό νερό: } K_w = 1,0 \times 10^{-14} = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$
$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-7}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{ή} \quad \text{pH} = -\log[\text{H}^+] \quad \text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

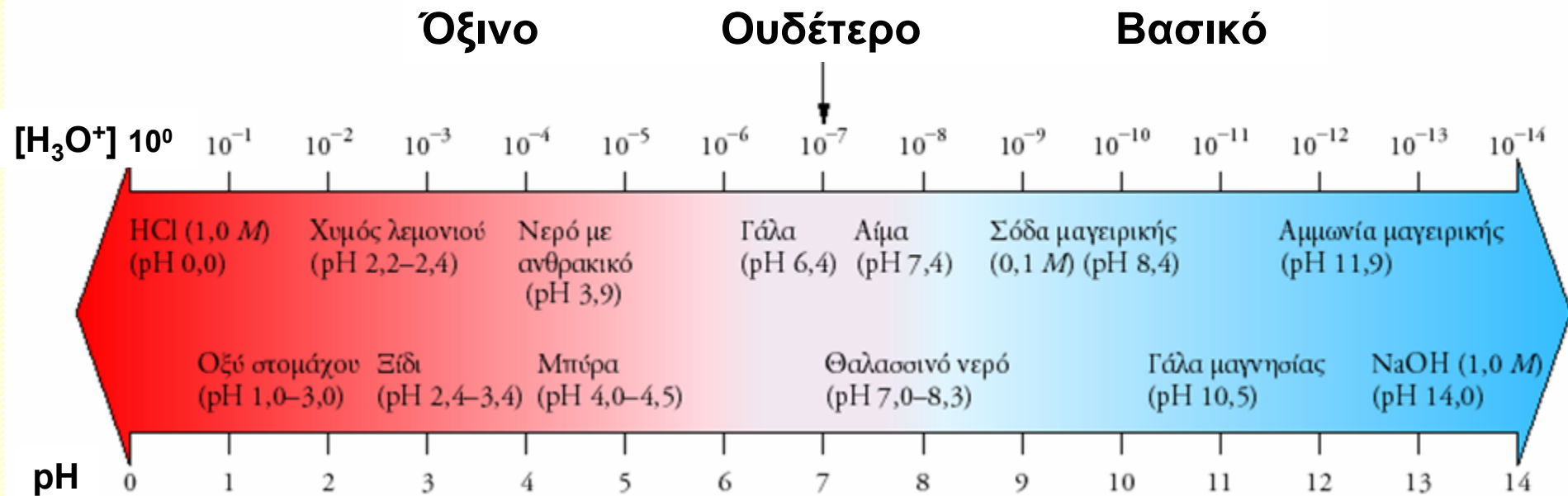
$$\text{pH} + \text{pOH} = 14,00$$

$\text{pH} > 7,0 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] < 1,0 \times 10^{-7} \Rightarrow$  διάλυμα βασικό

$\text{pH} = 7,0 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \times 10^{-7} \Rightarrow$  διάλυμα ουδέτερο

$\text{pH} < 7,0 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] > 1,0 \times 10^{-7} \Rightarrow$  διάλυμα όξινο

# Η κλίμακα του pH



**Ασκήσεις 15.7 και 15.8** (Υπολογισμός του pH από την  $[H_3O^+]$ )

**15.7** Πόσο είναι το pH ενός δείγματος γαστρικού υγρού (πεπτικό υγρό του στομάχου) του οποίου η συγκέντρωση των ιόντων υδρονίου είναι  $0,045 M$ ;

**15.8** Ένα κορεσμένο διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου έχει συγκέντρωση ιόντων υδροξειδίου  $0,025 M$ . Πόσο είναι το pH του διαλύματος;

# Λύση

$$15.7 \quad \text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(0,045) = 1,346 = 1,35$$

$$15.8 \quad \text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log(0,025) = 1,602$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14,00$$

$$\text{pH} = 14,00 - \text{pOH} = 14,00 - 1,602 = 12,397 = 12,40$$

## Άσκηση 15.9

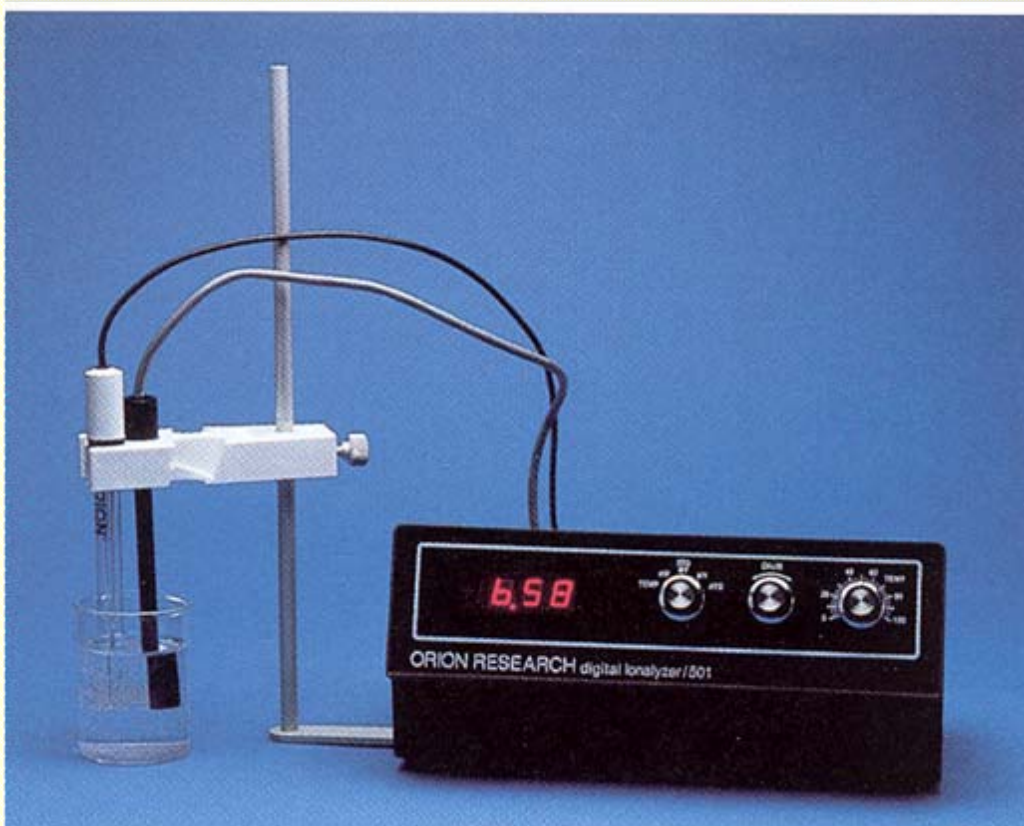
Ένα αναψυκτικό με ανθρακικό έχει pH 3,16. Πόση είναι η συγκέντρωση ιόντων υδρονίου του αναψυκτικού;

## Λύση

$$\text{pH} = 3,16 \quad \Rightarrow \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \text{antilog}(-\text{pH}) = 10^{-\text{pH}}$$

$$= 10^{-3,16} = 6,91 \times 10^{-4} \text{ M} = 6,9 \times 10^{-4} \text{ M} \quad 3$$

# Το pH-μετρο



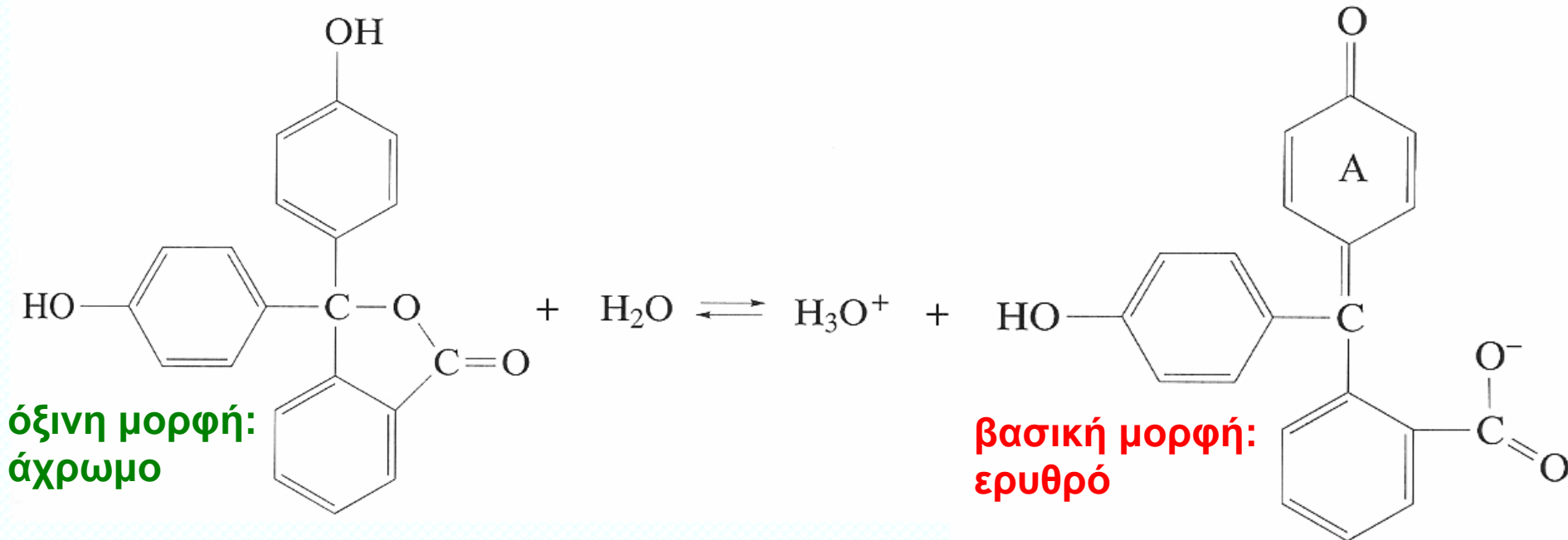
**Ψηφιακό πεχάμετρο**

Ο πειραματιστής τοποθετεί τα ηλεκτρόδια στο διάλυμα και διαβάζει το pH στην οθόνη του οργάνου.

Τα pH-μετρα είναι όργανα ακριβά και ευαίσθητα και γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη χρήση τους. Μετά από κάθε χρήση, το ηλεκτρόδιο υάλου εκπλύνεται προσεκτικά με απιοντισμένο νερό. Κατά την παραμονή του φυλάσσεται μέσα σε ειδικό διάλυμα, όπως προβλέπει ο κατασκευαστής του οργάνου.

# Δείκτες οξέων – βάσεων

Δείκτες: ασθενή οργανικά οξέα ή ασθενείς οργανικές βάσεις, των οποίων το χρώμα εξαρτάται από το pH του διαλύματος.



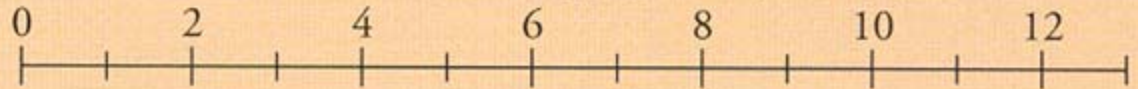
## Ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνη

Τα αδιάστατα μόρια του δείκτη είναι άχρωμα. Αντίθετα, το ανιόν της φαινολοφθαλεΐνης (συζυγής βάση) είναι ερυθρό. Το χρώμα της βασικής μορφής αποδίδεται στο σύστημα των διπλών δεσμών του κινουειδούς δακτυλίου Α.

# Δείκτες οξέων – βάσεων

Όνομα δείκτη

Περιοχή pH για χρωματική αλλαγή



Βιολετί του μεθυλίου

κίτρινο  βιολετί

Μπλε της θυμόλης (όξινη περιοχή)

κόκκινο  κίτρινο

Μπλε της βρωμοφαινόλης

κίτρινο  μπλε

Πορτοκαλί του μεθυλίου

κόκκινο  κίτρινο

Πράσινο της βρωμοκρεσόλης

κίτρινο  μπλε

Ερυθρό του μεθυλίου

κόκκινο  κίτρινο

Μπλε της βρωμοθυμόλης

κίτρινο  μπλε

Μπλε της θυμόλης (βασική περιοχή)

κίτρινο  μπλε

Φαινολοφθαλεΐνη

άχρωμο  ροζ

Κίτρινο της αλιζαρίνης R

κίτρινο  κόκκινο

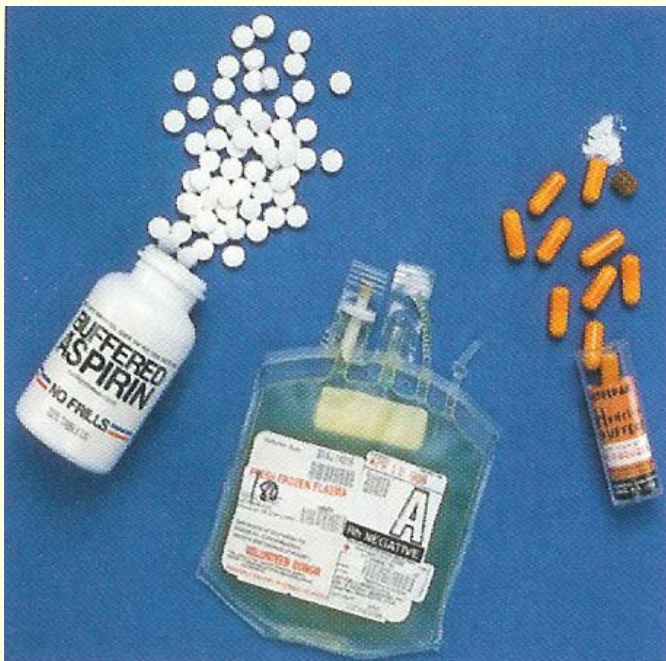


# Ρυθμιστικά διαλύματα

## Σύσταση

Ένα ρ.δ. πρέπει να περιέχει δύο συστατικά: ένα που να μπορεί να εξουδετερώνει οξέα και ένα που να μπορεί να εξουδετερώνει βάσεις. Όμως σε καμιά περίπτωση δεν θα πρέπει το ένα συστατικό να εξουδετερώνει το άλλο. Την απαίτηση αυτή για ρυθμιστική δράση δεν ικανοποιεί κανένα μίγμα ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση, παρά μόνο μίγματα

ασθενούς οξέος με τη συζυγή βάση του ( $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COO}^-$ )  
ή ασθενούς βάσεως με το συζυγές οξύ της ( $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$ ).



## Τρία κοινά παραδείγματα ρυθμιστικών

Πολλά φάρμακα δρουν ρυθμιστικά για μείωση πεπτικών διαταραχών. Πολλά σωματικά υγρά (π.χ. πλάσμα αίματος) περιέχουν δραστικά ρυθμιστικά συστήματα. Για την παρασκευή ρ.δ. στο εργαστήριο χρησιμοποιούνται έτοιμες κάψουλες.



# Ρυθμιστικά διαλύματα

## Δράση

Έστω το ρυθμιστικό ζεύγος HA – NaA

Ισορροπία διαστάσεως του HA:  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

(α) Προσθήκη μικρής ποσότητας NaOH:



[HA] και [A<sup>-</sup>] μεγάλες σε σχέση με την ποσότητα OH<sup>-</sup> ⇒  
ο λόγος [HA]/[A<sup>-</sup>] πρακτικά αμετάβλητος ⇒ pH σχεδόν σταθερό

(β) Προσθήκη μικρής ποσότητας HCl(aq):



[HA] και [A<sup>-</sup>] μεγάλες σε σχέση με την ποσότητα H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ⇒  
ο λόγος [HA]/[A<sup>-</sup>] πρακτικά αμετάβλητος ⇒ pH σχεδόν σταθερό

# Εξίσωση Henderson-Hasselbach

Έστω το ρυθμιστικό ζεύγος HA – NaA

Ισορροπία διαστάσεως του HA:  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

$$\Rightarrow -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log K_a - \log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

$$\Rightarrow \text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \text{ή} \quad \text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]}$$

Εξίσωση H-H

Δύο προϋποθέσεις:

$[\text{HA}] \approx [\text{οξύ}]$  και  $[\text{A}^-] \approx [\text{βάση}]$  (ή [άλας])

Τι είναι η ρυθμιστική χωρητικότητα ενός ρ.δ.;

Να δειχθεί ότι ένα ρ.δ. μπορεί να παρασκευασθεί με οποιαδήποτε τιμή pH μεταξύ  $\text{p}K_a - 1$  και  $\text{p}K_a + 1$ .

# Υπολογισμός του pH ρυθμιστικού διαλύματος

## Άσκηση 16.12

Πόσο είναι το pH ενός ρυθμιστικού διαλύματος που παρασκευάζεται με προσθήκη 30,0 mL  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  (οξικού οξέος) 0,15 M σε 70,0 mL  $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  (οξικού νατρίου) 0,20 M;

## Λύση 16.12

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]} \quad \text{Εξίσωση H-H}$$

$$\text{p}K_a = 4,77 \quad [\text{βάση}] = [(0,070 \text{ L})(0,20 \text{ mol/L})]/0,100 \text{ L} = 0,14 \text{ M}$$
$$[\text{οξύ}] = [(0,030 \text{ L})(0,15 \text{ mol/L})]/0,100 \text{ L} = 0,045 \text{ M}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]} = 4,77 + \log \frac{0,14}{0,045} = 4,77 + 0,49 = 5,26$$

## Πείραμα 44: Πιστοποίηση ιόντων $H^+(aq)$ : Διάκριση μεταξύ ασθενώς και ισχυρά όξινων διαλυμάτων – Δείκτες

**Όργανα:** Ποτήρια ζέσεως 50 και 100 mL, δοκιμαστικοί σωλήνες, σταγονόμετρα, pH-μετρικό χαρτί

**Χημικά:** Διαλύματα οξέων: HCl 1 M, CH<sub>3</sub>COOH 1 M. Διαλύματα δεικτών: πορτοκαλί του μεθυλίου (ηλιανθίνη), μπλε της θυμόλης

**Πορεία:**

- 1.** Γεμίστε σε ύψος 2-3 cm ένα ποτήρι ζέσεως των 50 mL και δύο δοκιμαστικούς σωλήνες με διάλυμα HCl. Επαναλάβετε το ίδιο με διάλυμα CH<sub>3</sub>COOH έτσι ώστε να έχετε τελικά 3 ζεύγη δειγμάτων από τα δύο οξέα.
- 2.** Εξετάστε το pH των δύο δειγμάτων που βρίσκονται στα ποτήρια ζέσεως με τη βοήθεια pH-μετρικού χαρτιού. Και τα δύο διαλύματα χρωματίζουν την ταινία κόκκινη.
- 3.** Προσθέστε στο πρώτο ζεύγος δοκιμαστικών σωλήνων 2-3 σταγόνες από τον δείκτη πορτοκαλί του μεθυλίου (περιοχή pH 3,1-4,5) και στο δεύτερο ζεύγος των δοκιμαστικών σωλήνων 2-3 σταγόνες από τον δείκτη μπλε της θυμόλης (περιοχή pH 1,1-2,8). Σημειώστε τις παρατηρήσεις σας.

# Πείραμα 45: Μέτρηση του pH

**Όργανα:** Ποτήρια ζέσεως 100 mL, δοκιμαστικοί σωλήνες, pH-μετρικό χαρτί (περιοχή 1-14), pH-μετρο

**Χημικά:** Διαλύματα: HCl 0,1 M και 0,0001 M, KNO<sub>3</sub> (κορεσμένο διάλυμα), NaOH 0,001 M, NH<sub>4</sub>Cl 1 M, CH<sub>3</sub>COONa 1 M

**Πορεία:**

**A. Προσεγγιστική μέτρηση του pH με pH-μετρικό χαρτί**  
Προσδιορίστε με pH-μετρικό χαρτί την τιμή του pH των παραπάνω διαλυμάτων, καθώς και το pH του απιοντισμένου νερού και του νερού της βρύσης.

**B. Μέτρηση του pH με pH-μετρο**

- 1.** Προετοιμάστε το pH-μετρο ακολουθώντας προσεκτικά τις οδηγίες χρήσεως.
- 2.** Μετρήστε το pH των παραπάνω διαλυμάτων

## Πείραμα 46: Παρασκευή ρυθμιστικού διαλύματος ορισμένου pH

**Όργανα:** Ποτήρια ζέσεως 100 mL, ογκομετρικοί κύλινδροι 10 και 100 mL, pH-μετρο

**Χημικά:** Στερεό  $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , διαλύματα:  $\text{HCl}$  1 M,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  1 M

**Πορεία:**

1. Υπολογίστε με βάση την εξίσωση Henderson-Hasselbach την απαιτούμενη ποσότητα στερεού  $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  για την παρασκευή 50 mL ρυθμιστικού διαλύματος με  $\text{pH}=5,2$ , αν ο όγκος του  $\text{CH}_3\text{COOH}$  1 M που θα χρησιμοποιηθεί είναι 25 mL.
2. Παρασκευάστε το παραπάνω ρυθμιστικό διάλυμα και ελέγξτε το pH του με τη βοήθεια του pH-μέτρου.
3. Προσθέστε 0,5 mL διαλύματος  $\text{HCl}$  στο ρυθμιστικό διάλυμα και μετρήστε πάλι το pH του. Σημειώστε την παρατηρούμενη μεταβολή του pH.
4. Προσθέστε 0,5 mL διαλύματος  $\text{HCl}$  σε 50 mL απιοντισμένου νερού και μετρήστε το pH του διαλύματος που προκύπτει.

# Πειραματικά αποτελέσματα

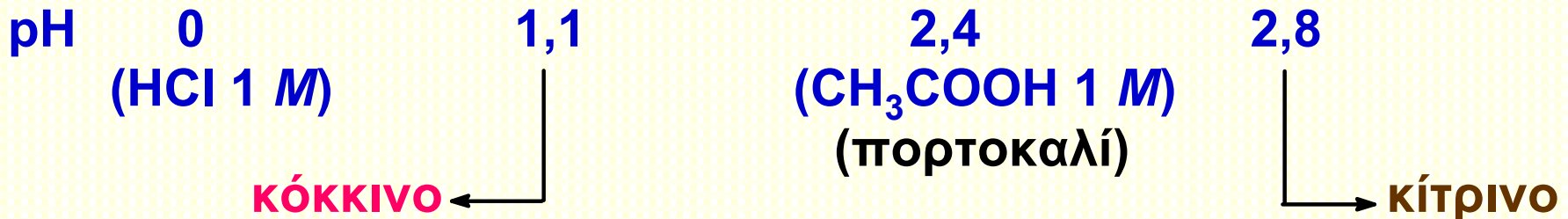
## Πείραμα 44: Πιστοποίηση ιόντων $H^+(aq)$

Διάκριση μεταξύ ασθενώς και ισχυρά όξινων διαλυμάτων  
Δείκτες

### Πορτοκαλί του μεθυλίου



### Μπλε της θυμόλης



!! Για διάκριση ισχυρών οξέων  $\Rightarrow$  μπλε της θυμόλης

# Πειραματικά αποτελέσματα

## Πείραμα 45: Μέτρηση του pH με pH-μετρο

	H <sub>2</sub> O απιον	H <sub>2</sub> O βρύσ	HCl 0,1 M	HCl 0,0001 M	KNO <sub>3</sub> κορεσ	NaOH 0,001 M	NH <sub>4</sub> Cl 1 M	CH <sub>3</sub> COONa 1 M
pH θεωρ	7,00	≠ 7	1,00	4,00	7,00	11,00	4,62	9,38
pH πειρ	5,55	7,17	1,27	3,93	5,59	11,83	4,86	8,49



# Πειραματικά αποτελέσματα

**Πείραμα 46:** Παρασκευή ρυθμιστικό διαλύματος ορισμένου pH

**Εξίσωση Henderson-Hasselbach**  $\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]}$

**50 mL ρ.δ.  $\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{pH}=5,20$ ,  $K_a=1,8 \times 10^{-5}$   $\text{p}K_a = 4,74$**

$$\log \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]} = \text{pH} - \text{p}K_a = 5,20 - 4,74 = 0,46 \Rightarrow \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]} = 2,88$$

$$[\text{οξύ}] = \frac{(0,025 \text{ L})(1 \text{ mol/L})}{0,050 \text{ L}} = 0,5 \text{ M}$$

$\Rightarrow$   $[\text{βάση}] = 2,88 \times 0,5 \text{ M} = \underline{1,44 \text{ M}} = (1,44 \text{ mol/L})(136 \text{ g/mol}) = \underline{196 \text{ g/L}}$   
για τα 50 mL ρ.δ. απαιτούνται:

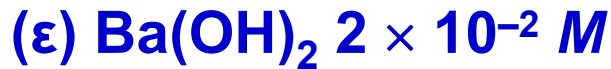
$$(196 \text{ g/1000 mL}) \times 50 \text{ mL} = \underline{9,8 \text{ g}} \text{ ή } 10 \text{ g } \text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$$

**Προσθήκη 0,5 mL HCl 1 M στο ρ.δ.  $\Rightarrow$   $\text{pH} = 5,13$  (πρακτικά αμετάβλητο)**

**Προσθήκη 0,5 mL HCl 1 M σε 50 mL απιον. νερό  $\Rightarrow$   $\text{pH} = 2,35$ <sup>17</sup>!!!**

# Άσκηση 4

Ποια η τιμή του pH των παρακάτω διαλυμάτων;



(α)  $pOH = 2,0 \Rightarrow pH = 12,0$

(β)  $pH = \frac{1}{2} (pK_a - \log[HA])$

(προσεγγιστικός τύπος για πολύ ασθενή οξέα,  $K_a \ll 1$ )

$K_a = 1,8 \times 10^{-5} \Rightarrow pH = 3,50$

(γ) Σε καθαρό νερό  $\Rightarrow [H_3O^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7} M$



$\Rightarrow$  παρέχει το πολύ  $[H_3O^+] = 2 \times 10^{-9} M \ll 1 \times 10^{-7} M$

$\Rightarrow pH = 7,0$

## Άσκηση 4

$$(\delta) \text{ HNO}_3 \ 2 \times 10^{-2} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 2 - \log 2 = 1,70$$

$$(\epsilon) \text{ Ba(OH)}_2 \ 2 \times 10^{-2} \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 2 - \log 4 = 1,40 \Rightarrow \text{pH} = 12,60$$

$$(\sigma\tau) \text{ [H}^+] = \text{[Cl}^-] + \text{[OH}^-] = 1 \times 10^{-7} + \text{[OH}^-]$$

(Αρχή ηλεκτρικής ουδετερότητας)  $\Rightarrow$

$$\text{[OH}^-] = \text{[H}^+] - (1 \times 10^{-7}) \quad \text{και} \quad \text{[H}^+](\text{[H}^+] - (1 \times 10^{-7})) = 1 \times 10^{-14}$$

$$(\text{εξίσωση 2ου βαθμού}) \Rightarrow \text{[H}^+] = 1,6 \times 10^{-7} \Rightarrow$$

$$\text{pH} = 7,0 - \log 1,6 = 6,8$$

# Άσκηση 5

Ποιο είναι το pH του διαλύματος που προέρχεται από την ανάμιξη ίσων όγκων διαλυμάτων ισχυρού οξέος και ισχυρής βάσεως, τα οποία έχουν  $\text{pH} = 2,00$  και  $\text{pH} = 13,00$ , αντίστοιχα;

$$\text{pH} = 2,00 \Rightarrow [\text{H}^+] = 0,010 \text{ M}$$

$$\text{pH} = 13,00 \Rightarrow \text{pOH} = 1,00 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 0,10 \text{ M}$$



$$[\text{OH}^-](\text{περίσσεια}) = (0,10 - 0,010) \text{ M} / 2 = 0,045 \text{ M} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$\Rightarrow \text{pOH} = 2 - \log 4,5 = 1,35$$

$$\Rightarrow \text{pH} = 14,00 - 1,35 = 12,65$$

$$\text{pH} = 12,7$$

# Άσκηση 6

Το pH αποσταγμένου νερού που περιέχει CO<sub>2</sub> είναι μικρότερο του 7. Να δοθεί ερμηνεία με τη βοήθεια χημικών εξισώσεων.



# Άσκηση 7

Είναι δυνατόν καθαρό νερό να έχει  $\text{pH} = 6,5$ ;

$$22^\circ \text{C}: K_w = 1,001 \times 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}^+] = 1,00 \times 10^{-7} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 7,00$$

$$100^\circ \text{C}: K_w = 5,483 \times 10^{-13} \Rightarrow [\text{H}^+] = 7,405 \times 10^{-7} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 6,13$$

# Άσκηση 8

Είναι σωστές ή λάθος οι παρακάτω προτάσεις;

(α) Το pH νερού θερμοκρασίας  $80^{\circ}\text{C}$  είναι μικρότερο του pH νερού θερμοκρασίας  $25^{\circ}\text{C}$ . Επομένως, νερό θερμοκρασίας  $80^{\circ}\text{C}$  είναι όξινο.

(β) Αν αναμιχθούν δύο διαλύματα  $\text{NaOH}$  που έχουν  $\text{pH} = 12,00$  και  $13,00$  σε αναλογία 1:1 προκύπτει διάλυμα με  $\text{pH} = 12,50$ .

(γ) Το pH διαλύματος  $\text{HCN}$   $0,100\text{ M}$  είναι μεγαλύτερο του pH διαλύματος  $\text{HCl}$   $0,100\text{ M}$ .

Να αιτιολογηθούν όλες οι απαντήσεις.

# Άσκηση 8

(α)  $80^\circ \text{C} \Rightarrow K_w > 1,0 \times 10^{-14} \Rightarrow \text{pH} < 7$  όμως  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] \Rightarrow$  ουδέτερο

(β)  $\text{pH} = 12,00 \Rightarrow \text{pOH} = 2,00 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-2} \text{ M} = 0,010 \text{ M}$

$\text{pH} = 13,00 \Rightarrow \text{pOH} = 1,00 \Rightarrow [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-1} \text{ M} = 0,10 \text{ M}$

Με ανάμιξη 1:1 ο όγκος διπλασιάζεται  $\Rightarrow$

$[\text{OH}^-](\text{τελικό}) = [(0,010 \text{ M}) + (0,10 \text{ M})] / 2 = 0,055 \text{ M}$

$\text{pOH} = -\log 0,055 = 1,26 \Rightarrow \text{pH} = 12,74$

(γ) Σωστό, αφού όσο ασθενέστερο είναι ένα οξύ, τόσο μικρότερη συγκέντρωση ιόντων  $\text{H}^+$  θα παρέχει και άρα τόσο μεγαλύτερο θα είναι το pH του (για ίδιες συγκεντρώσεις οξέων).



## Άσκηση 9

Να υπολογισθεί η σταθερά ιοντισμού του πρωτολυτικού δείκτη HIn από τα εξής δεδομένα:

(α) Ο δείκτης αλλάζει χρώμα όταν μετατραπεί κατά το 1/5 στην ιοντική μορφή και

(β) Η χρωματική αλλαγή γίνεται σε pH = 5,50



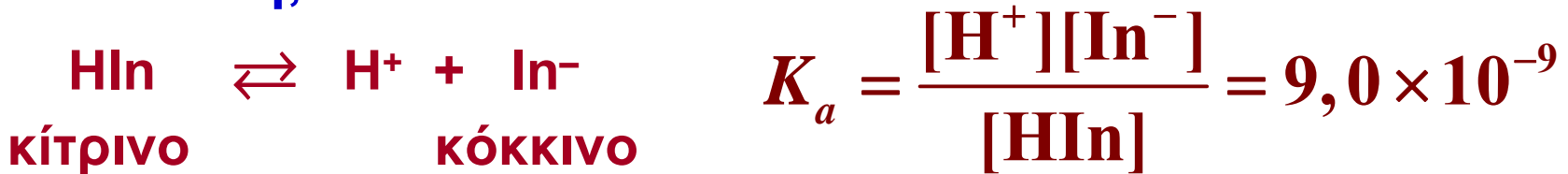
$$\text{pH} = 5,50 \Rightarrow [\text{H}^+] = 1,0 \times 10^{-5,5} = 3,16 \times 10^{-6} \quad [\text{In}^-] = C / 5$$

$$\Rightarrow [\text{HIn}] = C - C / 5 \quad \Rightarrow$$

$$K_a = \frac{(3,16 \times 10^{-6})C / 5}{C \left(1 - \frac{1}{5}\right)} = \frac{3,16 \times 10^{-6}}{4} = 7,9 \times 10^{-7}$$

# Άσκηση 10

Ένας πρωτολυτικός δείκτης HIn έχει σταθερά διαστάσεως ίση με  $9,0 \times 10^{-9}$ . Το όξινο χρώμα του δείκτη είναι κίτρινο και το βασικό κόκκινο. Το κίτρινο χρώμα είναι ορατό όταν ο λόγος της κίτρινης προς την κόκκινη μορφή είναι 30:1, ενώ η κόκκινη μορφή επικρατεί, όταν ο λόγος της κόκκινης προς την κίτρινη μορφή είναι 2:1. Ποια είναι η περιοχή pH αλλαγής χρώματος του δείκτη;



$$\Rightarrow [\text{H}^+] = 9,0 \times 10^{-9} \frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]}$$

$$(\alpha) [\text{HIn}] / [\text{In}^-] = 30 : 1 \Rightarrow [\text{H}^+] = 2,7 \times 10^{-7} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 6,57$$

$$(\beta) [\text{In}^-] / [\text{HIn}] = 2 : 1 \Rightarrow [\text{H}^+] = 4,5 \times 10^{-9} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 8,35$$

# Άσκηση 11

Πόσα γραμμάρια  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  πρέπει να προστεθούν σε 320,0 mL διαλύματος  $\text{NH}_3$  για να προκύψει διάλυμα με  $\text{pH} = 9,35$ ;

Εξίσωση Henderson – Hasselbach  $\text{pOH} = \text{p}K_b + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$

## ΔΕΔΟΜΕΝΑ

$$\text{pOH} = 4,65, \quad K_b = 1,74 \times 10^{-5} \Rightarrow \text{p}K_b = 4,76, \quad [\text{NH}_3] = 0,105 \text{ M}$$

$$\text{Εξίσωση H – H} \Rightarrow \log[\text{NH}_4^+] = 4,65 - 4,76 + \log 0,105 =$$

$$= -0,11 - 0,98 = -1,09 \quad \Rightarrow \quad [\text{NH}_4^+] = 0,081$$

# Άσκηση 11

2 mol ιόντων  $\text{NH}_4^+$  προέρχονται από 1 mol  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (= 132,0 g).  
Δηλαδή, η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{NH}_4^+$  (0,081 M) είναι ίση με  
το μισό της συγκέντρωσης του  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (0,0405 M)

Αν  $x$  τα γραμμάρια του  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  που πρέπει να προσθέσουμε,  
τότε αυτά είναι ίσα με  $x / 132,0$  mol και η συγκέντρωση του  
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  στο διάλυμα είναι

$$\frac{x / 132,0 \text{ mol}}{0,3200 \text{ L}} = 0,0405 \quad \Rightarrow \quad x = 1,71 \text{ g } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$$

# Άσκηση 12

Σε κάποιο εγχειρίδιο αναφέρονται διάφορες μέθοδοι παρασκευής ρυθμιστικών διαλυμάτων. Για διάλυμα με  $\text{pH} = 9,00$ , το εγχειρίδιο υποδεικνύει να αναμείξουμε  $36,00 \text{ mL}$  διαλύματος  $\text{NH}_3$   $0,200 \text{ M}$  με  $64,00 \text{ mL}$  διαλύματος  $\text{NH}_4\text{Cl}$   $0,200 \text{ M}$ .

(α) Επαληθεύσετε με θεωρητικούς υπολογισμούς την υπόδειξη του εγχειριδίου.

(β) Θα διατηρηθεί το  $\text{pH}$  του παραπάνω διαλύματος σταθερό στην τιμή  $9,00$ , αν  $100 \text{ mL}$  απ' αυτό αραιωθούν μέχρις  $1,00 \text{ L}$ ; Μέχρις  $10,00 \text{ L}$ ;

(γ) Ποιο θα είναι το  $\text{pH}$  του ρυθμιστικού διαλύματος, αν σε  $100 \text{ mL}$  απ' αυτό προστεθούν  $0,10 \text{ mL}$  διαλύματος  $\text{HCl}$   $1,00 \text{ M}$ ;

(δ) Ποιος είναι ο μέγιστος όγκος διαλύματος  $\text{HCl}$   $1,00 \text{ M}$  που μπορεί να προστεθεί, χωρίς το  $\text{pH}$  να πέσει κάτω από την τιμή  $8,90$ ;

# Άσκηση 12

Εξίσωση Henderson – Hasselbach  $\text{pOH} = \text{p}K_b + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$

(α)  $K_b = 1,74 \times 10^{-5} \Rightarrow \text{p}K_b = 4,76$

$[\text{NH}_3] = (36,00 \text{ mL} \times 0,200 \text{ mol / L}) / 100,00 \text{ mL} = 0,0720 \text{ M}$

$[\text{NH}_4^+] = (64,00 \text{ mL} \times 0,200 \text{ mol / L}) / 100,00 \text{ mL} = 0,0128 \text{ M}$

Εξίσωση H – H  $\Rightarrow$

$$\text{pOH} = 4,76 + \log \frac{0,128}{0,072} = 4,76 + 0,249 = 5,01$$

$\text{pOH} = 5,01 \Rightarrow \text{pH} = 8,99 \approx 9,00$

# Άσκηση 12

(β) Μέχρις 1,00 L:  $\Rightarrow$  οι  $[\text{NH}_3]$  και  $[\text{NH}_4^+]$  θα διαιρεθούν δια 10

Εξίσωση Henderson – Hasselbach

$$\text{pOH} = 4,76 + \log \frac{0,0128}{0,0072} = 4,76 + 0,249 = 5,01$$

**Μέχρις 10,00 L**

!!! Στην εξίσωση H-H, για πολύ μεγάλες αραιώσεις παύει να ισχύει η υπόθεση ότι το μεγαλύτερο μέρος του ασθενούς οξέος (ή της ασθενούς βάσεως) παραμένει μη ιοντισμένο. Το pH σε τέτοια διαλύματα (μετά από μεγάλη αραιώση) πέφτει περίπου στο 7.

# Άσκηση 12

(γ) Προσθήκη HCl:  $[0,10 \text{ mL} \times (1,00 \text{ mmol} / \text{mL}) = 0,10 \text{ mmol}]$



αρχικό ρ.δ. 7,2 mmol

12,8 mmol

τελικό ρ.δ. 7,1 mmol

12,9 mmol

τελικά:  $[\text{NH}_3] = 0,071 \text{ M}$

$[\text{NH}_4^+] = 0,129 \text{ M}$

Εξίσωση Henderson – Hasselbach

$$\text{pOH} = 4,76 + \log \frac{0,129}{0,071} = 4,76 + 0,259 = 5,02$$

$$\Rightarrow \text{pH} = 8,98$$



## Άσκηση 12

(δ) Έστω  $x$  τα ζητούμενα mL HCl  $\Rightarrow$

$[(x \text{ mL}) \times (1,00 \text{ mmol} / \text{mL}) = x \text{ mmol}] \Rightarrow$

$$[\text{NH}_3]_{\text{τελ.}} = \frac{7,2 - x}{100 + x} \quad [\text{NH}_4\text{Cl}]_{\text{τελ.}} = \frac{12,8 + x}{100 + x}$$

$$\frac{[\text{NH}_4\text{Cl}]_{\text{τελ.}}}{[\text{NH}_3]_{\text{τελ.}}} = \frac{12,8 + x}{7,2 - x} = y$$

Εξίσωση H – H:  $\text{pOH} = \text{p}K_b + \log y$

$$\text{pOH} = 5,10 \quad \text{p}K_b = 4,76$$

$$\Rightarrow \log y = 0,34 \Rightarrow y = 2,2$$

$$\frac{12,8 + x}{7,2 - x} = 2,2$$

$$\Rightarrow x = 0,95 \text{ mL}$$