



Δείκτες - Ογκομέτρηση

Δείκτες:

Οι δείκτες είναι ασθενή οξέα ΗΔ(όξινη) όπου η μορφή ΗΔ έχει διαφορετικό χρώμα από την μορφή Δ⁻ (βασική).

Έτσι αν η μορφή ΗΔ έχει χρώμα-1 και η μορφή Δ⁻ έχει χρώμα-2 τότε ισχύει σε ένα υδατικό διάλυμα :

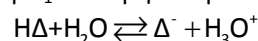
Αν [ΗΔ] ≥ [Δ⁻] επικρατεί το χρώμα-1

Αν [Δ⁻] ≥ [ΗΔ] επικρατεί το χρώμα-2

Σε ενδιάμεσες καταστάσεις το χρώμα του διαλύματος είναι το ενδιάμεσο των 2.

Εύρεση των τιμών pH του υδατικού διαλύματος όπου επικρατεί το κάθε χρώμα του δείκτη :

pH₁ : Η τιμή του pH όπου επικρατεί οριακά το χρώμα-1 είναι αυτή όπου [ΗΔ]=10[Δ⁻] :



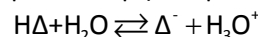
$$K_{\text{aH}\Delta} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\Delta^-]}{[\text{H}\Delta]} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_{\text{aH}\Delta} \cdot [\text{H}\Delta]}{[\Delta^-]} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10 \times K_{\text{aH}\Delta} \Rightarrow -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(10 \cdot K_{\text{aH}\Delta}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{pH}_1 = \text{p}K_{\text{aH}\Delta} - 1$$

Άρα :

$$\boxed{\text{pH}_1 = \text{p}K_{\text{aH}\Delta} - 1}$$

pH₂ : Η τιμή του pH όπου επικρατεί οριακά το χρώμα-2 είναι αυτή όπου [Δ⁻]=10[ΗΔ] :



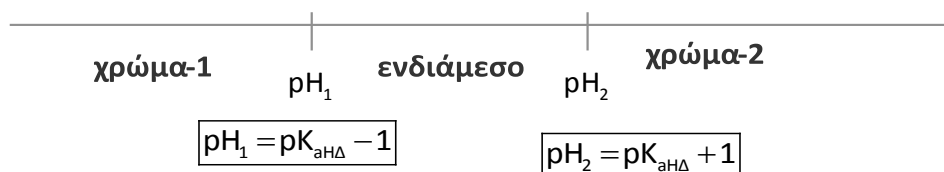
$$K_{\text{aH}\Delta} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\Delta^-]}{[\text{H}\Delta]} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_{\text{aH}\Delta} \cdot [\text{H}\Delta]}{[\Delta^-]} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_{\text{aH}\Delta}}{10} \Rightarrow -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log\left(\frac{K_{\text{aH}\Delta}}{10}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{pH}_2 = \text{p}K_{\text{aH}\Delta} + 1$$

Άρα :

$$\boxed{\text{pH}_2 = \text{p}K_{\text{aH}\Delta} + 1}$$

Επομένως για οποιοδήποτε δείκτη ΗΔ με σταθερά K_{aHΔ} και με χρώμα-1 η μορφή ΗΔ και χρώμα-2 Δ⁻ ισχύει :



Όταν σε ένα οποιοδήποτε υδατικό διάλυμα που περιέχει ένα οξύ ή μία βάση «ρίξουμε» μία με δύο σταγόνες του δείκτη ΗΔ, ανάλογα με το pH του διαλύματος, το διάλυμα λαμβάνει το χρώμα του δείκτη.

Παρατήρηση : Τα περισσότερα υδατικά διαλύματα είναι άχρωμα , άρα αν ρίξουμε σε αυτά λίγες σταγόνες του δείκτη ΗΔ τότε τα «χρωματίζουμε» χωρίς βεβαίως να επηρεάζουμε το pH αφού η ποσότητα του δείκτη που ρίξαμε είναι μικρή

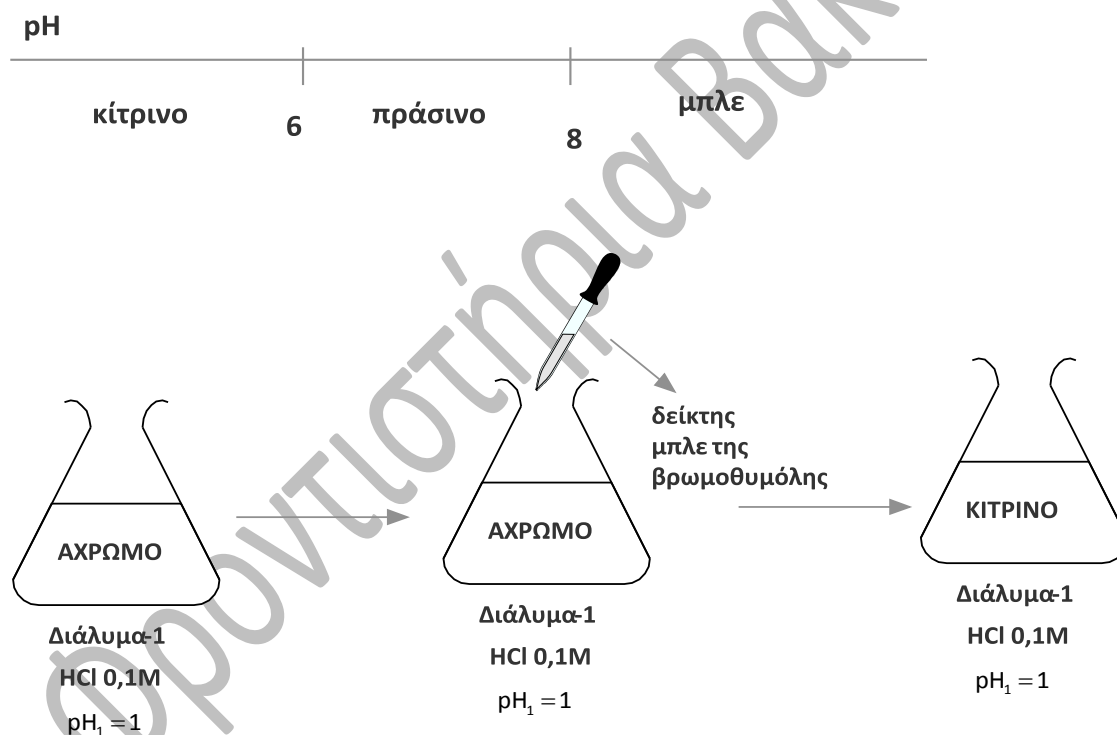
Παράδειγμα-1 . Σε ένα εργαστήριο διαθέτουμε μεταξύ άλλων :

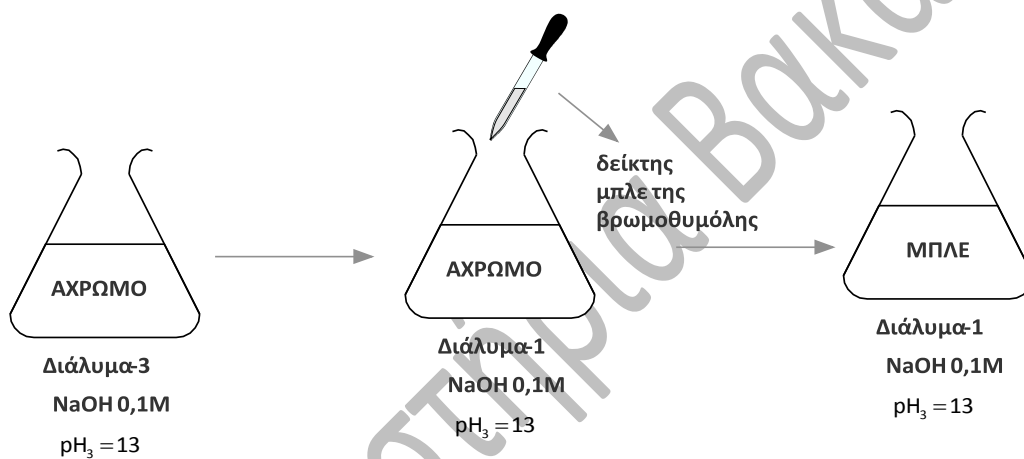
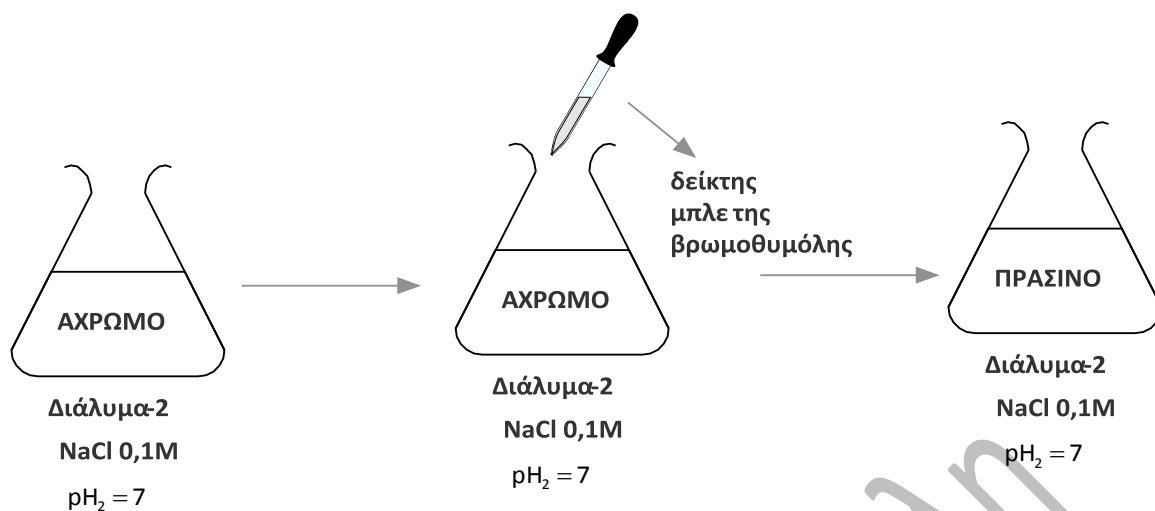
Διάλυμα-1 HCl 0,1M , Διάλυμα-2 NaCl 0,1M , Διάλυμα-3 NaOH 0,1 M καθώς και το δείκτη μπλε της βρωμοθυμόλης με περιοχή pH αλλαγής χρώματος 6-8 . Δίνεται ότι η όξινη μορφή ΗΔ του δείκτη είναι κίτρινο και η βασική μορφή της Δ⁻ μπλε .

Να βρείτε το χρώμα των διαλυμάτων 1 , 2 και 3 μετά την προσθήκη λίγων σταγόνων του δείκτη μπλε της βρωμοθυμόλης

Απάντηση :

Για το δείκτη μπλε της βρωμοθυμόλης :

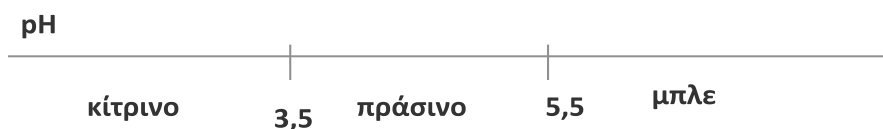




Επίσης με την βοήθεια 2 ή περισσότερων δεικτών ταυτόχρονα μπορούμε να προσδιορίσουμε στο περίπου το pH ενός υδατικού διαλύματος :

Παράδειγμα-2 . Διαθέτουμε διάλυμα Δ-1 στους 25⁰C καθώς και τους δείκτες :

Δείκτης-1 : Πράσινο της βρωμοκρεσόλης όπου ισχύει :



Δείκτης-2 : Μπλε της βρωμοθυμόλης όπου ισχύει :

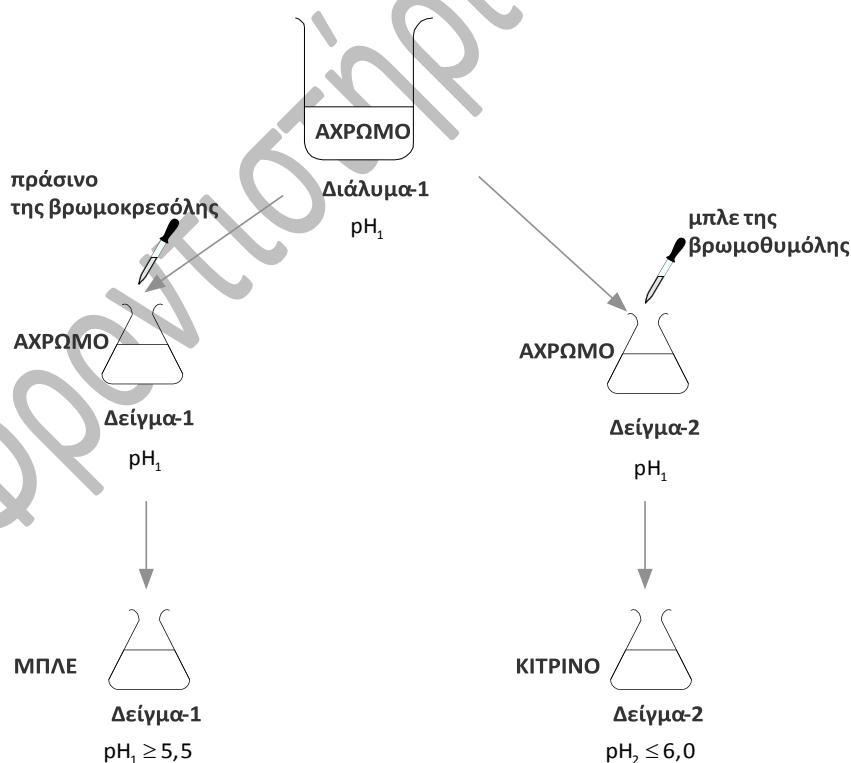


Σε δείγμα-1 του Δ-1 ρίξαμε μερικές σταγόνες του πράσινου της βρωμοκρεσόλης όπου και το διάλυμα απέκτησε μπλε χρώμα .

Σε δείγμα-2 του Δ-1 ρίξαμε μερικές σταγόνες του μπλε της βρωμοθυμόλης όπου το διάλυμα απέκτησε κίτρινο χρώμα .

Ποιο είναι το pH του Δ-1 ;

Απάντηση:



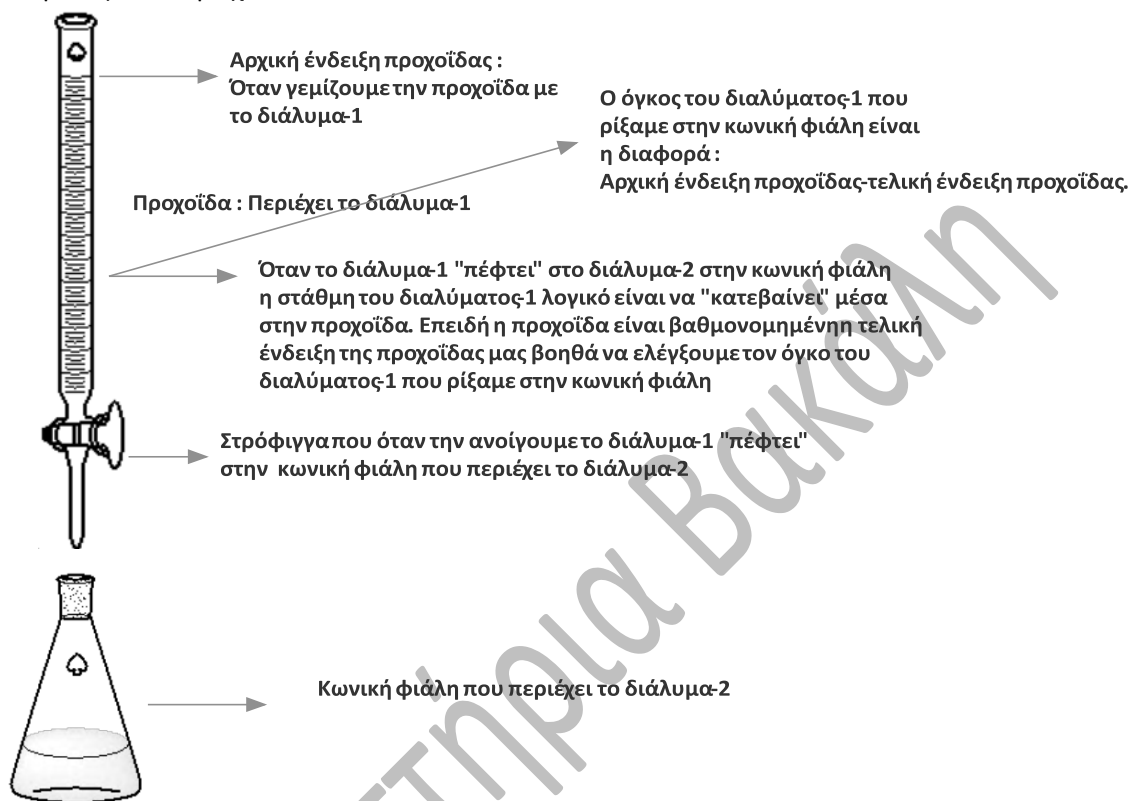
Άρα $5,5 \leq \text{pH}_1 \leq 6,0$

ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗ

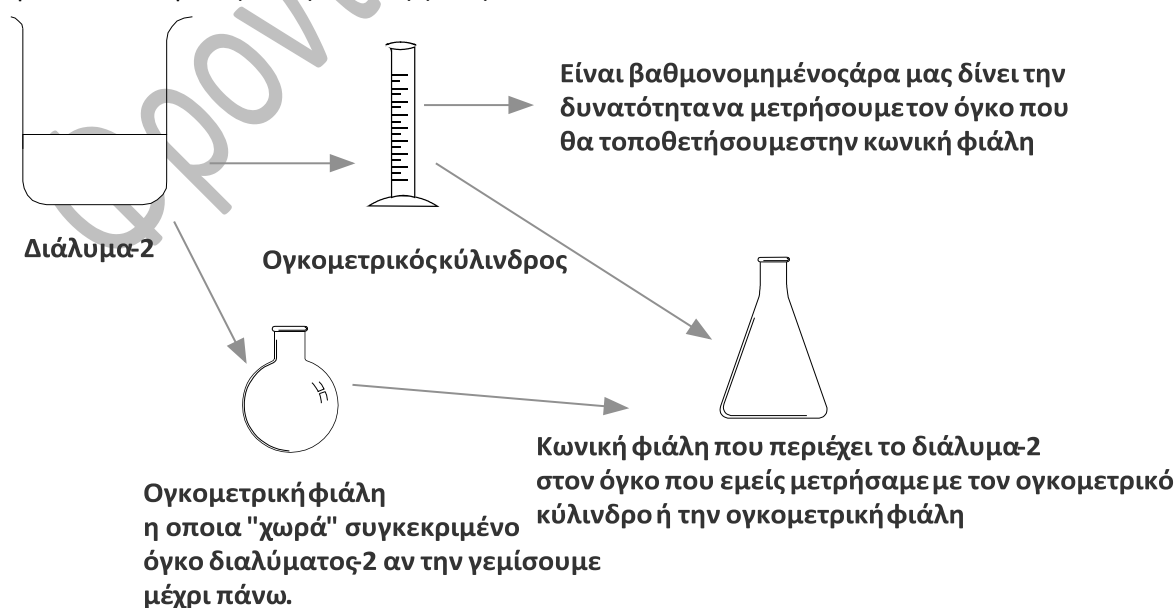
Η ογκομέτρηση είναι μία πειραματική μέθοδος που μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε την άγνωστη συγκέντρωση διαλύματος που όμως γνωρίζουμε τη ουσία περιέχει.

Σκεύη που απαιτούνται για την ογκομέτρηση :

Προχοΐδα : Είναι το σκεύος που επιτρέπει να ρίχνουμε σε ένα διάλυμα συγκεκριμένο όγκο του διαλύματος που περιέχει

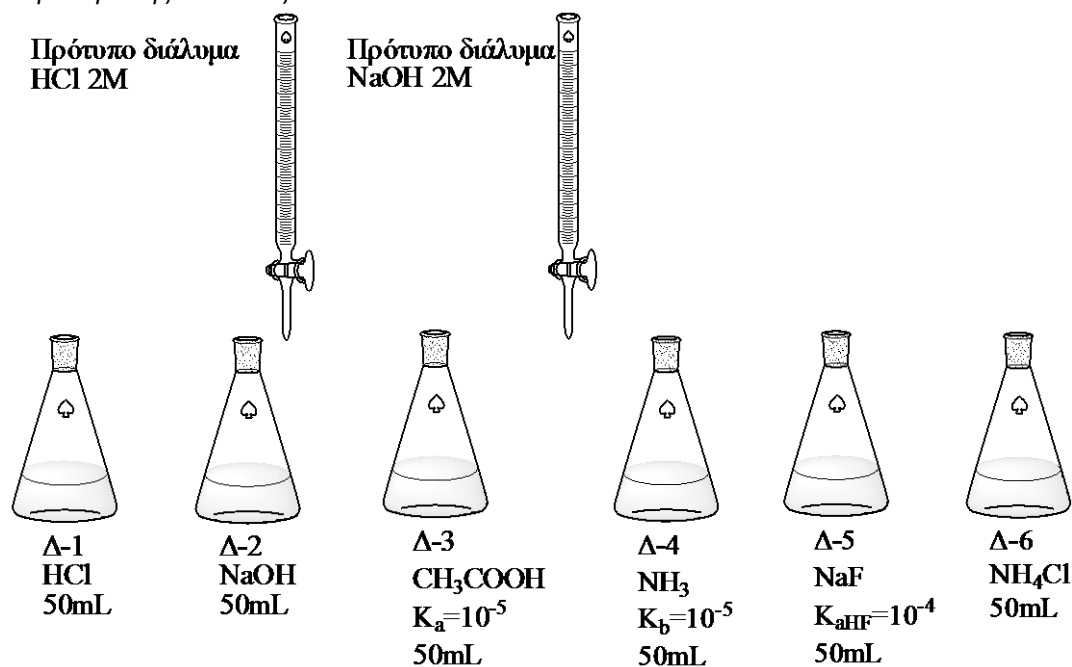


Ογκομετρικός κύλινδρος ή ογκομετρική φιάλη : Μας επιτρέπει να τοποθετήσουμε συγκεκριμένο όγκο του διαλύματος-2 στην κωνική φιάλη:



Παράδειγμα-3

Σας δίνονται τα παρακάτω διαλύματα άγνωστης συγκέντρωσης καθώς και 2 πρότυπα διαλύματα συγκέντρωσης 2M στους 25°C.



Ποιο πρότυπο διάλυμα θα χρησιμοποιήσουμε σε κάθε περίπτωση για τον προσδιορισμό της άγνωστης συγκέντρωσης των διαλυμάτων Δ-1, Δ-2, Δ-3, Δ-4, Δ-5 και Δ-6 ;

α. Αν σε κάθε περίπτωση ο όγκος του πρότυπου διαλύματος που απαιτήθηκε για την ογκομέτρηση ήταν 50mL, να προσδιοριστεί η άγνωστη συγκέντρωση όλων των διαλυμάτων καθώς και το pH στο ισοδύναμο σημείο .

β. Να βρεθεί σε κάθε περίπτωση το pH που προκύπτει όταν προστέθηκαν 25mL πρότυπου διαλύματος. Σε ποιες περιπτώσεις προκύπτει ρυθμιστικό διάλυμα ;

γ. Σας δίνονται οι παρακάτω δείκτες

Δείκτης	pK	Όρια pH	Χρώμα όξινης μορφής	Χρώμα βασικής μορφής
Κυανό της Θυμόλης	1,6	1,2-2,8	Ερυθρό	Κίτρινο
Πορτοκαλί του Μεθυλίου	3,5	3,1-4,5	Ερυθρό	Κίτρινο
Πράσινο Βρωμοκρεσόλης	4,7	3,8-5,5	Κίτρινο	Κυανό
Ερυθρό του Μεθυλίου	5,0	4,2-6,3	Ερυθρό	Κίτρινο
Κυανό Βρωμοθυμόλης	7,1	6,0-7,6	Κίτρινο	Κυανό
Κυανό Θυμόλης	8,9	8,0-9,6	Κίτρινο	Κυανό
Φαινολοφθαλεΐνη	9,3	8,3-10,0	Άχρωμο	Ρόδινο
Κίτρινο Αλιζαρίνης		10,0-12,1	Κίτρινο	Μωβ

Ποιος δείκτης (ή δείκτες) είναι κατάλληλος ;

(ή κατάλληλοι) για τον προσδιορισμό του ισοδύναμου σημείου σε κάθε μία από τις ογκομετρήσεις του θέματος ;Αφού επιλέξετε τον κατάλληλο δείκτη ,για το δείκτη που επιλέξετε , να βρείτε το χρώμα του διαλύματος μετά την προσθήκη 25mL πρότυπου διαλύματος , στο ισοδύναμο σημείο και μετά την προσθήκη 75mL πρότυπου διαλύματος .

Απάντηση : Γενικά πριν προχωρήσουμε στην λύση του παραδείγματος πρέπει να γνωρίζουμε :

-Στην προχοΐδα τοποθετούμε το πρότυπο διάλυμα από το οποίο γνωρίζουμε την συγκέντρωση του .

Στις δικές μας ογκομετρήσεις το πρότυπο διάλυμα θα είναι ή ισχυρό οξύ (HCl , HBr , HI , HNO₃ , HClO₄)

ή ισχυρή βάση (NaOH , KOH , Ca(OH)₂ , Ba(OH)₂)

-Στην κωνική φιάλη τοποθετούμε το διάλυμα άγνωστης συγκέντρωσης (την οποία θέλουμε να προσδιορίσουμε) , όπου όμως ο όγκος του είναι γνωστός (τον έχουμε προσδιορίσει με τον ογκομετρικό κύλινδρο ή την ογκομετρική φιάλη)

-Στο διάλυμα στην κωνική φιάλη τοποθετούμε λίγες σταγόνες του κατάλληλου δείκτη που «βάφει» το διάλυμα ανάλογα με το pH του(όπως είδαμε παραπάνω η προσθήκη μερικών σταγόνων του δείκτη δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος στην κωνική φιάλη)

- Αρχίζουμε την ογκομέτρηση ρίχνοντας σταγόνα-σταγόνα ή πολύ αργά το πρότυπο διάλυμα στην κωνική φιάλη .

Το πρότυπο διάλυμα πρέπει να εξουδετερώνει το διάλυμα που υπάρχει στην κωνική φιάλη.

-Αν η κωνική φιάλη περιέχει οξύ(ισχυρό ή ασθενές) , η προχοΐδα πρέπει να περιέχει ισχυρή βάση . Επειδή εμείς κατά την ογκομέτρηση μετράμε τον όγκο του πρότυπου διαλύματος της προχοΐδας , την ογκομέτρηση αυτή την χαρακτηρίζουμε ως αλκαλιμετρία.

- Αν η κωνική φιάλη περιέχει βάση(ισχυρή ή ασθενής) , η προχοΐδα πρέπει να περιέχει ισχυρό οξύ . Επειδή εμείς κατά την ογκομέτρηση μετράμε τον όγκο του πρότυπου διαλύματος της προχοΐδας , την ογκομέτρηση αυτή την χαρακτηρίζουμε ως οξυμετρία.

-Η επιλογή του δείκτη είναι πολύ σημαντική στην διαδικασία της ογκομέτρησης γιατί :
Οξυμετρία :Αρχικά για παράδειγμα στην κωνική φιάλη έχω διάλυμα Δ₁ NH₃ που δεν γνωρίζουμε την συγκέντρωση του C₁ και θέλουμε να την προσδιορίσουμε . Ο όγκος του Δ₁ έστω ότι είναι 50mL (το μετρήσαμε με ογκομετρική φιάλη ή κύλινδρο) . Στην προχοΐδα πρέπει να έχουμε ένα ισχυρό οξύ (πχ HCl) γνωστής συγκέντρωσης (έστω 1M) .

Εμείς ρίχνουμε σιγά –σιγά HCl μέχρι να έχουμε πλήρη εξουδετέρωση της NH₃ καθώς όταν έχουμε πλήρη εξουδετέρωση ισχύει :

(mol)	NH ₃	+	HCl	→	NH ₄ Cl
αρχικά	0,05·C ₁		1·V _π		
αντιδρούν	0,05·C ₁		0,05·C ₁		
παράγονται					0,05C ₁
Τελικά	0		0		0,05C ₁

Η ογκομέτρηση πρέπει να τελειώσει όταν θα έχουμε πλήρη εξουδετέρωση της NH₃ από το HCl ώστε στο τελικό διάλυμα να υπάρχει μόνο το NH₄Cl .

Τότε θα ισχύει

$$n_{\text{NH}_3} = n_{\text{HCl}} \Rightarrow 0,05 \cdot c_1 = 1 \cdot V_{\pi} , \text{ αλλά το } V_{\pi} \text{ είναι ο όγκος του προτύπου διαλύματος που εμείς το}$$

καθορίζουμε με την στρόφιγγα , άρα αν χρησιμοποιήσαμε τον σωστό V_π , ο μόνος άγνωστος είναι η συγκέντρωση C₁.

Πως όμως εμείς γνωρίζουμε πότε θα πρέπει να σταματήσουμε να ρίχνουμε πρότυπο διάλυμα HCl στην κωνική φιάλη πειραματικά αφού και τα 2 διαλύματα είναι άχρωμα;

Εδώ μας βοηθά η χρήση κατάλληλου δείκτη.

Χρησιμοποιούμε δείκτη όπου μέσα στην περιοχή αλλαγής χρώματος του βρίσκεται το pH της κωνικής φιάλης στο ισοδύναμο σημείο. (Ισοδύναμο σημείο είναι ο όγκος του πρότυπου διαλύματος που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ώστε να έχω πλήρη εξουδετέρωση).

Στο ισοδύναμο σημείο έχω μόνο NH₄Cl (πολύ ασθενές οξύ) άρα το pH της κωνικής φιάλης θα είναι περίπου 5 με 6.

Θα χρησιμοποιήσω τον δείκτη ερυθρό του μεθυλίου όπου η περιοχή αλλαγής χρώματος είναι 4-6 με την όξινη μορφή να είναι κόκκινη και η βασική κίτρινη.

Προσοχή ισοδύναμο σημείο είναι ο όγκος προτύπου που πρέπει να ρίξουμε για να έχουμε πλήρη εξουδετέρωση.

Όμως η αλήθεια είναι ότι εμείς σταματάμε την ογκομέτρηση στο τελικό σημείο, δηλαδή πολλές φορές ρίχνουμε περισσότερο ή λιγότερο όγκο προτύπου διαλύματος από αυτό που χρειάζεται:

Ισοδύναμο σημείο = Τελικό σημείο (Η ογκομέτρηση είναι τέλεια)

Ισοδύναμο σημείο < Τελικό σημείο (Συνήθως το λάθος αυτό προκύπτει όταν έχουμε διαρροές από την στρόφιγγα, τότε ο όγκος που έφυγε από την προχοΐδα δεν διοχετεύτηκε ολόκληρος μέσα στην κωνική φιάλη. Δηλαδή αν η αρχική ένδειξη της προχοΐδας ήταν 50mL και η τελική για παράδειγμα 20mL και από τη στρόφιγγα διέρρευσαν 10mL, μέσα στην κωνική φιάλη έπεσαν μόνο 20mL (Ισοδύναμο σημείο) από τα 30mL (τελικό) που έφυγαν από την προχοΐδα.

Λάθη γίνονται αν επιλέξουμε λάθος δείκτη και η αλλαγή χρώματος γίνει πριν την πλήρη εξουδετέρωση.

V_{π} = αρχική ένδειξη-τελική ένδειξη

αρχική ένδειξη
HCl 1M
άχρωμο

Ερυθρό του μεθυλίου
Κίτρινο

Δ_1
NH₃
0,05L
C₁ =;

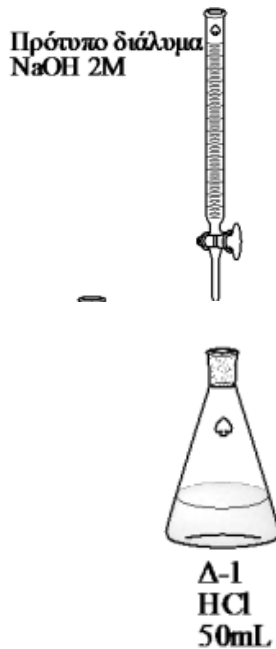
τελική ένδειξη
HCl 1M
άχρωμο

πορτοκαλί

Σταματάμε την ογκομέτρηση όταν το χρώμα αλλάξει από κίτρινο σε πορτοκαλί

Στην κωνική φιάλη έχω πλέον
NH₄Cl

Πάμε στην άσκηση μας
1^η ογκομέτρηση αλκαλιμετρία :



Σύμφωνα με την άσκηση το ισοδύναμο σημείο είναι τα 50mL άρα

(mol)	NaOH	+	HCl	→	NaCl	+	H ₂ O
αρχικά	2·0,05		0,05·C ₁				
Αντιδρούν	2·0,05		2·0,05				
Παράγονται					2·0,05		2·0,05
Τελικά	0		0		0,1		

Άρα

$$0,05 \cdot C_1 = 0,05 \cdot 2 \Rightarrow C_1 = 2M$$

Στην κωνική φιάλη στο ισοδύναμο σημείο έχω μόνο NaCl άρα το **pH=7** .

Ο δείκτης που θα χρησιμοποιήσω για τον προσδιορισμό του ισοδύναμου σημείου πρέπει η περιοχή αλλαγής χρώματος να περιλαμβάνει το 7 .

Άρα ο καλύτερος δείκτης είναι το Κυανό Βρωμοθυμόλης με αλλαγή περιοχής χρώματος 6-7,6

Όταν ρίξαμε 25mL προτύπου ίσχυε μέσα στην κωνική φιάλη :

(mol)	NaOH	+	HCl	→	NaCl	+	H ₂ O
αρχικά	2·0,025		0,1				
Αντιδρούν	0,05		0,05				
Παράγονται					0,05		0,05
Τελικά	0		0,05		0,05		0,05

Συνολικά ο όγκος της κωνικής φιάλης είναι 50mL που είχαμε αρχικά + 25mL που ρίξαμε = 75mL=75/1000=0,075L

Το HCl καθορίζει το pH :

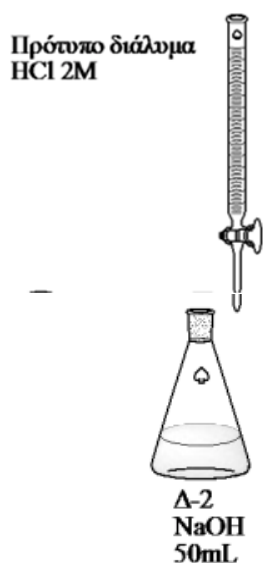
$$[HCl] = \frac{0,05}{0,075} = 0,66M$$

άρα (M) $HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$

$$0,66 \qquad \qquad 0,66$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(0,66) = 0,18$$

2η ογκομέτρηση :οξυμετρία



Σύμφωνα με την άσκηση το ισοδύναμο σημείο είναι τα 50mL άρα

(mol)	NaOH	+	HCl	→	NaCl	+	H ₂ O
αρχικά	0,05·C ₂		2·0,05				
Αντιδρούν	2·0,05		2·0,05				
Παράγονται					2·0,05		2·0,05
Τελικά	0		0		0,1		

Άρα

$$0,05 \cdot C_2 = 0,05 \cdot 2 \Rightarrow C_2 = 2M$$

Στην κωνική φιάλη στο ισοδύναμο σημείο έχω μόνο NaCl άρα το **pH=7** .

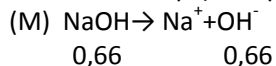
Ο δείκτης που θα χρησιμοποιήσω για τον προσδιορισμό του ισοδύναμου σημείου πρέπει η περιοχή αλλαγής χρώματος να περιλαμβάνει το 7 .

Άρα ο καλύτερος δείκτης είναι το Κυανό Βρωμοθυμόλης με αλλαγή περιοχής χρώματος 6-7,6 Όταν ρίξαμε 25mL προτύπου ίσχυε μέσα στην κωνική φιάλη :

(mol)	NaOH	+	HCl	→	NaCl	+	H ₂ O
αρχικά	0,1		2·0,025				
Αντιδρούν	0,05		0,05				
Παράγονται					0,05		0,05
Τελικά	0,05		0		0,05		0,05

Συνολικά ο όγκος της κωνικής φιάλης είναι 50mL που είχαμε αρχικά + 25mL που ρίξαμε = 75mL=75/1000=0,075L

Το NaOH καθορίζει το pH :



$$pOH = -\log[\text{OH}^-] = -\log(0,66) = 0,18$$

$$pH = 14 - pOH = 13,82$$

3η ογκομέτρηση :Αλκαλιμετρία



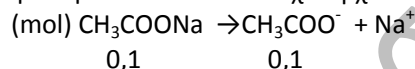
Το ισοδύναμο σημείο είναι 50mL άρα

(mol)	NaOH	+	CH ₃ COOH	→	CH ₃ COONa	+	H ₂ O
αρχικά	2·0,05		0,05·C ₃				
Αντιδρούν	2·0,05		2·0,05				
Παράγονται					2·0,05		2·0,05
Τελικά	0		0		0,1		

Άρα

$$0,05 \cdot C_3 = 0,05 \cdot 2 \Rightarrow C_3 = 2M$$

Στο τελικό διάλυμα στην κωνική φιάλη έχω μόνο 0,1mol CH₃COONa ,ενώ ο όγκος στην κωνική φιάλη είναι 50mL που είχα αρχικά + 50mL προτύπου που ρίξαμε στην κωνική φιάλη =100mL .



$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,1/0,1 = 1M$$

Έχουμε υδρόλυση του CH₃COO⁻

(M)	CH ₃ COO ⁻	+	H ₂ O	⇌	CH ₃ COOH	+	OH ⁻
αρχικά	1						
μεταβολή	x				x		x
Ισορροπία	1-x				x		x
Προσέγγιση	1				x		x

$$K_{\text{hCH}_3\text{COO}^-} = \frac{K_w}{K_{\text{aCH}_3\text{COOH}}} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}$$

$$K_{\text{hCH}_3\text{COO}^-} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \Rightarrow 10^{-9} = \frac{x^2}{1} \Rightarrow x^2 = 10^{-9} \Rightarrow x = 10^{-4,5}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-4,5} M \Rightarrow \text{pOH} = 4,5$$

$$\text{pH} = 9,5$$

Πρέπει να επιλέξουμε ένα δείκτη που το 9 να βρίσκεται στην περιοχή αλλαγής χρώματος.

Ένας δείκτης που μας βολεύει είναι η φαινολοφθαλεΐνη με περιοχή αλλαγής χρώματος : 8,3 -10

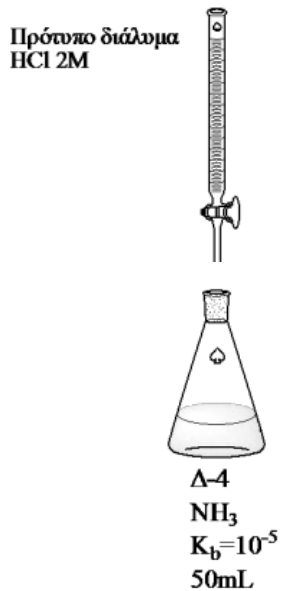
Όταν ρίξαμε 25mL προτύπου ίσχυε στην κωνική φιάλη :

(mol)	NaOH	+	CH ₃ COOH	→	CH ₃ COONa	+	H ₂ O
αρχικά	0,025·0,2		0,1				
Αντιδρούν	0,05		0,05				
Παράγονται					0,05		0,05
Τελικά	0		0,05		0,05		

Παρατηρούμε ότι στην κωνική φιάλη όπου έχουμε συνολικά 25+50=75mL υπάρχουν 0,05mol CH₃COOH -0,05mol CH₃COONa , άρα έχουμε ρυθμιστικό διάλυμα με [CH₃COOH]=[CH₃COO⁻] . Επομένως το pH της κωνικής φιάλης είναι :

$$pH = pK_{aCH_3COOH} + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow pH = pK_{aCH_3COOH} \Rightarrow \boxed{pH = 5}$$

4^η ογκομέτρηση οξυμετρία :



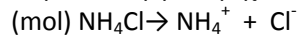
Στο ισοδύναμο σημείο (50mL προτύπου εντός κωνικής) έχουμε πλήρη εξουδετέρωση της NH₃ από το HCl

(mol)	NH ₃	+	HCl	→	NH ₄ Cl
αρχικά	0,05·C ₄		0,05·2		
αντιδρούν	0,05·2		0,05·2		
παράγονται					0,05·2
Τελικά	0		0		0,05·2

Άρα

$$0,05 \cdot C_4 = 0,05 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{C_4 = 2M}$$

Στην κωνική φιάλη έχω 0,1mol NH₄Cl σε 100mL στην κωνική φιάλη (50mL+50mL)



$$0,1 \quad 0,1$$

Το NH₄⁺ υδρολύεται με [NH₄⁺]=0,1/0,1=1M

(M)	NH ₄ ⁺	+	H ₂ O	⇌	NH ₃	+	H ₃ O ⁺
αρχικά	1						
μεταβολή	x				x		x
Ισορροπία	1-x				x		x
Προσέγγιση	1				x		x

$$K_{\text{hNH}_4^+} = \frac{K_w}{K_{\text{bNH}_3}} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}$$

$$K_{\text{hNH}_4^+} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow 10^{-9} = \frac{x^2}{1} \Rightarrow x^2 = 10^{-9} \Rightarrow x = 10^{-4,5}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4,5} \text{ M} \Rightarrow \boxed{\text{pH} = 4,5}$$

Ο κατάλληλος δείκτης για την ογκομέτρηση είναι το ερυθρο του μεθυλίου με περιοχή αλλαγής χρώματος 4,2-6,3

Κατά την προσθήκη των 25mL προτύπου στην κωνική φιάλη έχουμε :

(mol)	NH ₃	+	HCl	→	NH ₄ Cl
αρχικά	0,05·2		0,025·2		
αντιδρούν	0,05		0,05		
παράγονται					0,05
Τελικά	0,05		0		0,05

Άρα έχω ρυθμιστικό διάλυμα με

$$n_{\text{NH}_3} = n_{\text{NH}_4\text{Cl}} \Rightarrow [\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+]$$

$$\text{pOH} = \text{p}K_{\text{bNH}_3} + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow \text{pOH} = \text{p}K_{\text{bNH}_3} \Rightarrow \text{pOH} = 5$$

$$\boxed{\text{pH} = 9}$$

5^η ογκομέτρηση : Οξυμετρία

Πρότυπο διάλυμα
HCl 2M



Δ-5
NaF
 $K_{aHF}=10^{-4}$
50mL

Το ισοδύναμο σημείο είναι 50mL όπου έχουμε πλήρη εξουδετέρωση του NaF με HCl

(mol)	NaF	+	HCl	→	HF	+	NaCl
αρχικά	$0,05 \cdot C_5$		$2 \cdot 0,05$				
Αντιδρούν	$0,05 \cdot 2$		$0,05 \cdot 2$				
Παράγονται					$0,05 \cdot 2$		$0,05 \cdot 2$
Τελικά	0		0		$0,05 \cdot 2$		$0,05 \cdot 2$

$$0,05 \cdot C_5 = 0,05 \cdot 2 \Rightarrow C_5 = 2M$$

Στο τελικό διάλυμα έχουμε 50mL του Δ₅+50mL προτύπου=100mL στην κωνική φιάλη όπου έχουμε 0,1mol HF
[HF]=0,1/0,1=1M

(M)	HF	+	H ₂ O	⇌	F ⁻	+	H ₃ O ⁺
αρχικά	1						
μεταβολή	x				x		x
Ισορροπία	1-x				x		x
Προσέγγιση	1				x		x

$$K_{aHF} = \frac{[F^-][H_3O^+]}{[HF]} \Rightarrow 10^{-4} = \frac{x^2}{1} \Rightarrow x = 10^{-2}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-2}M \Rightarrow pH = 2$$

Ο πιο κατάλληλος δείκτης για την ογκομέτρηση είναι το κυανό της θυμόλης με περιοχή αλλαγής χρώματος 1,2-2,8

Όταν ρίξαμε 25 mL πρότυπου διαλύματος στην κωνική φιάλη είχαμε :

(mol)	NaF	+	HCl	→	HF	+	NaCl
αρχικά	0,05·2		2·0,025				
Αντιδρούν	0,05		0,05				
Παράγονται					0,05		0,05
Τελικά	0,05		0		0,05		0,05

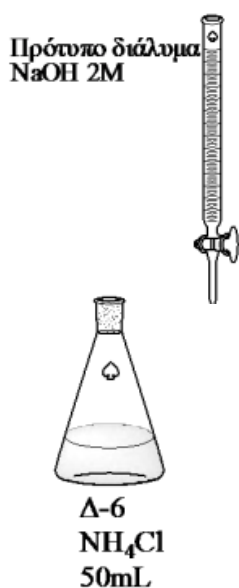
Έχουμε ρυθμιστικό διάλυμα HF/NaF με

$$n_{\text{NaF}} = n_{\text{HF}} \Rightarrow [\text{F}^-] = [\text{HF}]$$

$$\text{pH} = \text{pK}_{\text{aHF}} + \log \frac{[\text{F}^-]}{[\text{HF}]} \Rightarrow \text{pH} = \text{pK}_{\text{aHF}} \Rightarrow \boxed{\text{pH} = 4}$$

Φροντιστήρια Βακάλη

6η ογκομέτρηση : Αλκαλιμέτρία



Έχουμε στο ισοδύναμο σημείο που είναι 50 mL πλήρη εξουδετέρωση του NH_4Cl από το NaOH :

(mol)	NH_4Cl	+	NaOH	\rightarrow	NH_3	+	NaCl	+	H_2O
Αρχικά	$0,05 \cdot C_6$		$0,05 \cdot 2$						
Αντιδρούν	$0,05 \cdot 2$		$0,05 \cdot 2$						
Παράγονται					$0,05 \cdot 2$		$0,05 \cdot 2$		$0,05 \cdot 2$
Τελικά	0		0		$0,05 \cdot 2$		$0,05 \cdot 2$		$0,05 \cdot 2$

Ισχύει :

$$0,05 \cdot C_6 = 0,05 \cdot 2 \Rightarrow C_6 = 2\text{M}$$

Στο τελικό διάλυμα στην κωνική φιάλη έχω $50+50=100\text{mL}$ που περιέχει μεταξύ άλλων και $0,1$ mol NH_3 που καθορίζει το pH , $[\text{NH}_3]=0,1/0,1=1\text{M}$:

(M)	NH_3	+	H_2O	\rightleftharpoons	NH_4^+	+	OH^-
αρχικά	1						
μεταβολή	x				x		x
Ισορροπία	$1-x$				x		x
Προσέγγιση	1				x		x

$$K_{\text{bNH}_3} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{x^2}{1} \Rightarrow x = 10^{-2,5}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-2,5}\text{M} \Rightarrow \text{pOH} = 2,5$$

$$\text{pH} = 11,5$$

Ο πιο κατάλληλος δείκτης για τον προσδιορισμό του ισοδύναμου σημείου της ογκομέτρησης είναι το κίτρινο της Αλιζαρίνης με περιοχή αλλαγής χρώματος $10-12,1$

Όταν ρίξουμε 25 mL προτύπου στην κωνική φιάλη ισχύει :

(mol)	NH_4Cl	+	NaOH	\rightarrow	NH_3	+	NaCl	+	H_2O
Αρχικά	$0,05 \cdot 2$		$0,025 \cdot 2$						
Αντιδρούν	0,05		0,05						
Παράγονται					0,05		0,05		0,05
Τελικά	0,05		0		0,05		0,05		0,05

Έχουμε ρυθμιστικό διάλυμα $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ με

$$n_{\text{NH}_3} = n_{\text{NH}_4\text{Cl}} \Rightarrow [\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+]$$

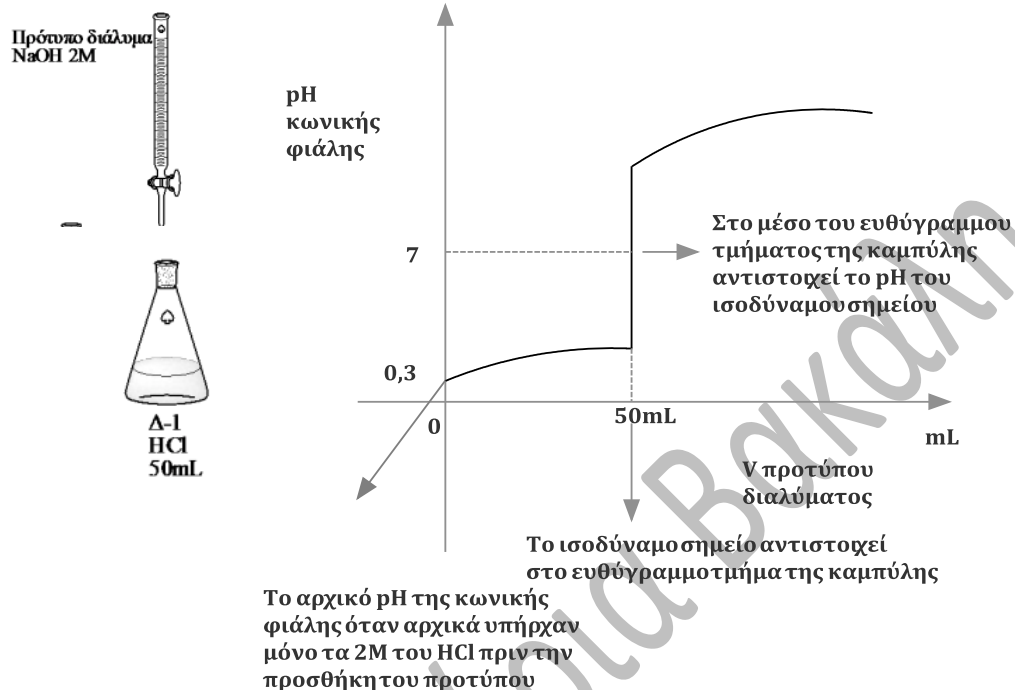
$$\text{pOH} = \text{p}K_{\text{bNH}_3} + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \Rightarrow \text{pOH} = \text{p}K_{\text{bNH}_3} = 5$$

$$\boxed{\text{pH} = 9}$$

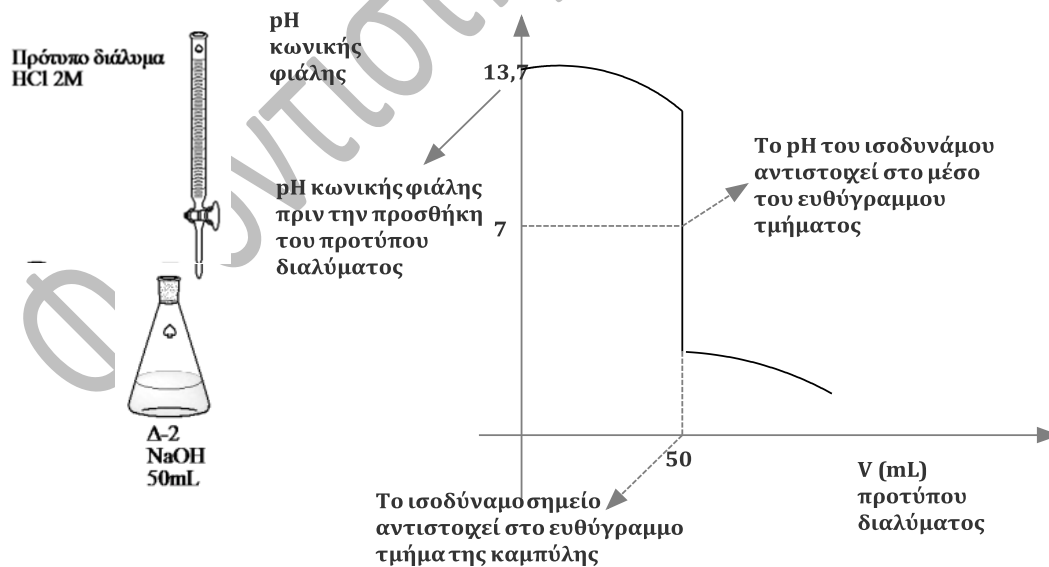
Φροντιστήρια Βακάλη

Καμπύλη ογκομέτρησης : Εναλλακτικά μπορούμε με μεγαλύτερη ακρίβεια να προσδιορίσουμε το ισοδύναμο σημείο μετρώντας με ηλεκτρονικό πεχάμετρο το pH της κωνικής φιάλης σε συνάρτηση με τον όγκο σε mL πρότυπου διαλύματος που ρίχνουμε στην κωνική φιάλη ,προκύπτωντας η καμπύλη ογκομέτρησης :

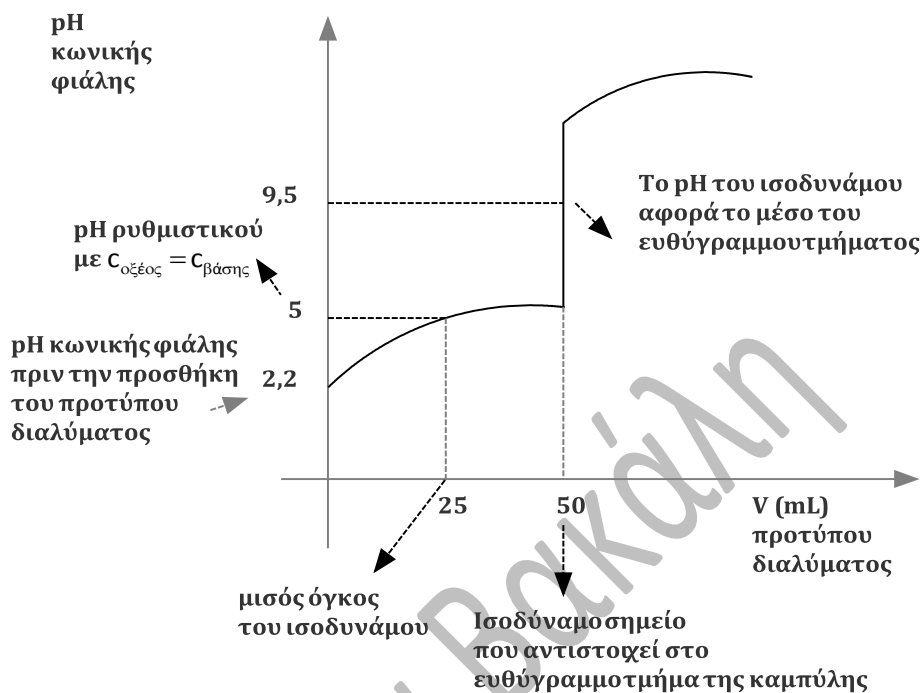
1^η ογκομέτρηση :



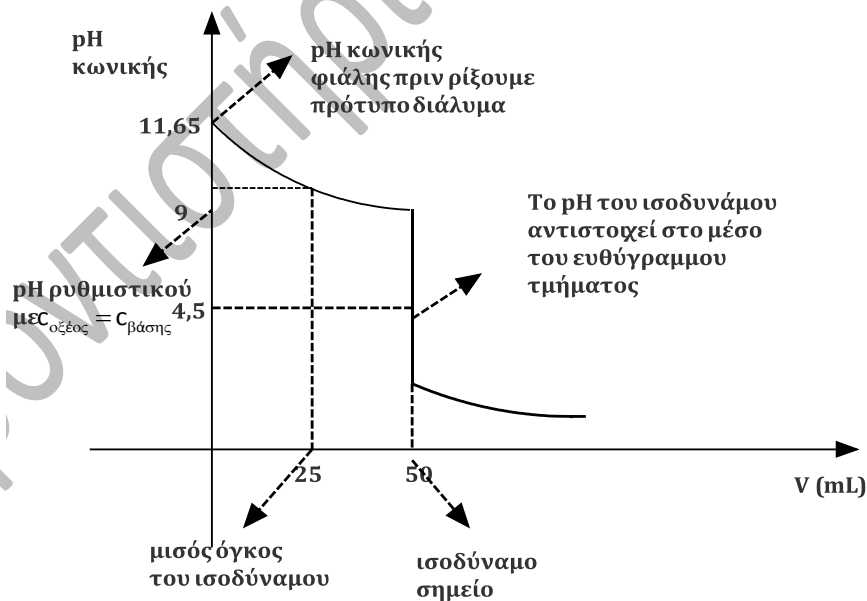
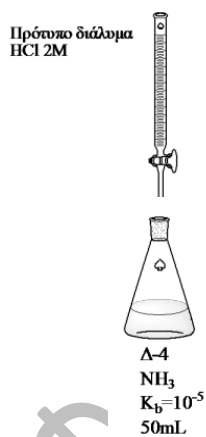
2^η ογκομέτρηση



3^η ογκομέτρηση



4^η ογκομέτρηση

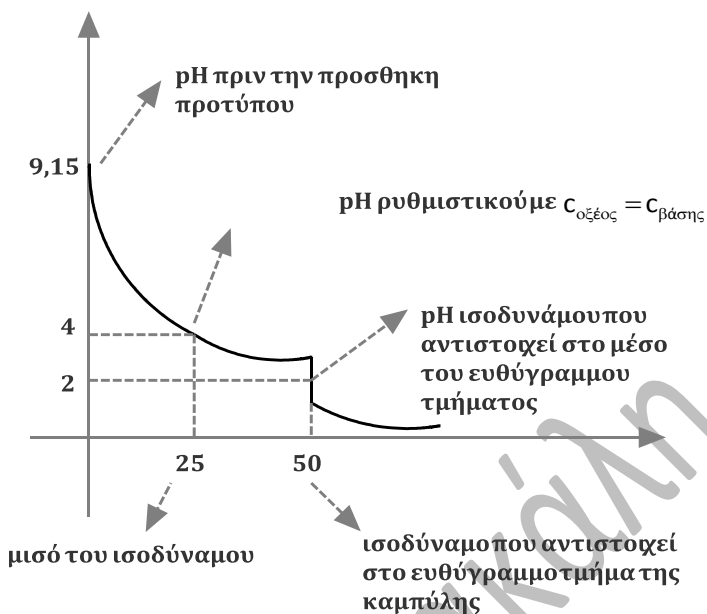


5^η ογκομέτρηση

Πρότυπο διάλυμα
HCl 2M



Δ-5
NaF
 $K_{aHF} = 10^{-4}$
50mL



6^η ογκομέτρηση

Πρότυπο διάλυμα
NaOH 2M



Δ-6
NH₄Cl
50mL

