

Ανάμειξη διαλυμάτων ηλεκτρολυτών κατά την οποία πραγματοποιείται αντίδραση

Οι κυριότερες χημικές αντιδράσεις μεταξύ ηλεκτρολυτών που θα μας απασχολήσουν σε ασκήσεις υπολογισμού pH ανήκουν στις εξής κατηγορίες:

ΜΕΤΑΘΕΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

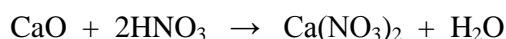
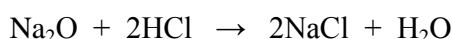
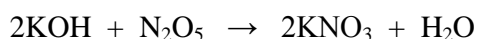
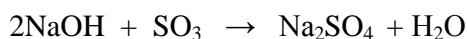
Αντιδράσεις εξουδετέρωσης

Οι αντιδράσεις αυτής της κατηγορίας μας είναι γνωστές. Θα πρέπει όμως να προσέξουμε τα εξής:

α. Όταν η NH_3 αντιδρά με οξέα, σχηματίζει άλατα του αμμωνίου (NH_4^+). Κατά την εξουδετέρωση της NH_3 δε σχηματίζεται νερό.



β. Τα όξινα οξείδια (SO_3 , N_2O_5 , ...) συμπεριφέρονται όπως τα αντίστοιχα οξέα, ενώ τα βασικά οξείδια (Na_2O , CaO , ...) συμπεριφέρονται όπως οι αντίστοιχες βάσεις.

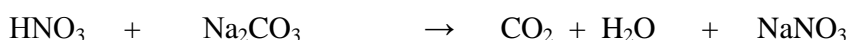
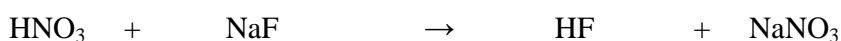
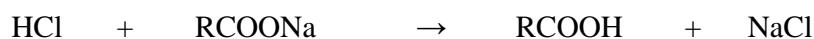


Αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης

Για να πραγματοποιείται μια αντίδραση διπλής αντικατάστασης, πρέπει κάποιο από τα προϊόντα:

1. Να καταβυθίζεται ως ίζημα.
2. Να απομακρύνεται ως αέριο.
3. Να είναι πολύ ασθενής ηλεκτρολύτης.

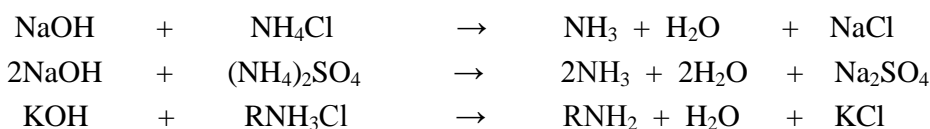
Οι περιπτώσεις που θα συναντήσουμε είναι κυρίως οι εξής:



Παρατηρούμε ότι στα προϊόντα της τελευταίας αντίδρασης δε γράφουμε H_2CO_3 επειδή είναι ασταθής ένωση και διασπάται σε CO_2 και H_2O . Το ίδιο συμβαίνει και σε περίπτωση σχηματισμού του H_2SO_3 (διάσπαση σε SO_2 και H_2O).

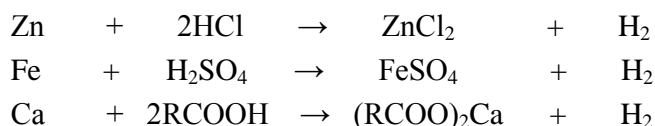
Κατά τον ίδιο τρόπο δεν αναγράφεται η ένωση NH_4OH ως προϊόν επειδή διασπάται σε NH_3 και H_2O :

ισχυρή βάση + άλας ασθενούς βάσης → ασθενής βάση + άλας



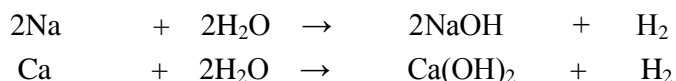
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗΣ

α. Μέταλλο + οξύ → άλας + H₂



ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το μέταλλο πρέπει να είναι πριν από το H₂ στη σειρά δραστηριότητας (δεν αντιδρούν τα μέταλλα Cu, Hg, Ag, Pt και Au). Στο άλας που προκύπτει, το μέταλλο εμφανίζεται με τον **μικρότερο** αριθμό οξειδωσής του.

β. Μέταλλο + H₂O → υδροξείδιο του μετάλλου + H₂
(K, Ba, Ca και Na)



Προβλήματα

Για τη λύση των προβλημάτων δίνεται για το H₂O: K_w = 10⁻¹⁴.

1. Αναμιγνύουμε 100 mL υδατικού διαλύματος HCl 0,2 M με 200 mL υδατικού διαλύματος NaOH 0,25 M. Να υπολογιστεί το pH του διαλύματος που προκύπτει.

(απ.: pH = 13)

2. Ο βαθμός ιοντισμού του CH₃COOH σε ένα υδατικό διάλυμα Δ₁ είναι α = 10⁻².

α) Ποια είναι η συγκέντρωση του διαλύματος Δ₁;

β) Σε 300 mL του διαλύματος Δ₁ προσθέτουμε 100 mL υδατικού διαλύματος NaOH 0,4 M (Δ₂). Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ₃ που προκύπτει.

Δίνεται για το CH₃COOH: K_a = 2 · 10⁻⁵.

(απ.: pH = 5)

3. Σε 500 mL υδατικού διαλύματος HCl 0,5 M προσθέτουμε 6,5 g Zn, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογιστούν:

α) ο όγκος του H₂ που ελευθερώνεται, μετρημένος σε STP,

β) το pH του τελικού διαλύματος.

(απ.: pH = 1)

4. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμείξουμε διάλυμα HCl με pH = 1 και διάλυμα NaOH με pH = 12, για να πάρουμε διάλυμα με pH = 3;

(απ.: 1:9)

5. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιχθούν διάλυμα NaOH 0,1 M και διάλυμα HCl 0,05 M, για να προκύψει διάλυμα με pH = 2;

(απ.: 4/11)

6. Υδατικό διάλυμα NH₃ (Δ₁) έχει συγκέντρωση 0,1 M.

α) Να υπολογιστεί ο βαθμός ιοντισμού της NH₃ και το pH του διαλύματος Δ₁.

β) Σε 4 L του διαλύματος Δ₁ προσθέτουμε 2 L υδατικού διαλύματος Δ₂ ισχυρού οξέος που έχει pH =

1. Να υπολογιστούν το pH και ο βαθμός ιοντισμού της NH₃ στο διάλυμα Δ₃ που προκύπτει.

Δίνεται για την NH₃: K_b = 10⁻⁵.

(απ.: pH = 9)

7. Υδατικό διάλυμα CH₃COOH (Δ₁) έχει συγκέντρωση 0,1 M.

α) Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ₁.

β) Σε 200 mL του διαλύματος Δ₁ προσθέτουμε 1,12 g KOH, οπότε σχηματίζεται διάλυμα Δ₂ όγκου 200 mL. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ₂.

γ) Σε 400 mL του διαλύματος Δ₁ προσθέτουμε 200 mL υδατικού διαλύματος NaOH που έχει pH = 13, οπότε σχηματίζεται διάλυμα Δ₃. Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Δ₃.

Δίνεται για το CH₃COOH: K_a = 10⁻⁵.

[απ.: (β) pH = 9, (γ) pH = 5]

8. Σε 500 mL διαλύματος NH₄Cl που έχει pH = 5 προσθέτουμε 4 g NaOH, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσετε το pH και τις συγκεντρώσεις όλων των ιόντων στο διάλυμα που προκύπτει.

Δίνεται για την NH₃: K_b = 10⁻⁵.

(απ.: pH = 13)

9. Υδατικό διάλυμα CH₃COONa έχει pH = 9.

α) Να υπολογίσετε τις συγκεντρώσεις όλων των σωματιδίων του διαλύματος.

β) Σε 300 mL του διαλύματος διοχετεύουμε 448 mL αερίου HCl, μετρημένα σε STP, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Ποιο είναι το pH του διαλύματος που προκύπτει;

Δίνεται για το CH₃COOH: K_a = 2 · 10⁻⁵.

(απ.: pH = 5)

10. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμείξουμε υδατικό διάλυμα NaOH 0,4 M με υδατικό διάλυμα HNO₃ 0,8 M, ώστε να προκύψει διάλυμα με pH = 13;

Δίνεται για το H₂O: K_w = 10⁻¹⁴.

(απ.: V₁/V₂ = 3/1)

11. Υδατικό διάλυμα NaOH έχει όγκο 500 mL και pH = 13. Πόσα L αερίου HCl, μετρημένα σε STP, πρέπει να διαβιβάσουμε στο διάλυμα αυτό, ώστε να προκύψει διάλυμα με pH:

α) 7; β) 1; γ) 12;

Με την προσθήκη του αερίου δε μεταβάλλεται ο όγκος του διαλύματος.

[απ.: (β) 2,24 L]

12. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιξούμε υδατικό διάλυμα HCl με $\text{pH} = 1$ και υδατικό διάλυμα NaOH 0,2 M, ώστε να προκύψει διάλυμα με $\text{pH} = 13$;

(απ.: 1:2)

13. Υδατικό διάλυμα HCl έχει $\text{pH} = 0$, ενώ υδατικό διάλυμα NaOH έχει $\text{pH} = 13$. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιξούμε τα διαλύματα αυτά, ώστε να προκύψει διάλυμα με pH :

- α) 1; β) 7; γ) 12;

[απ.: (α) 2:9, (β) 1:10, (γ) 9:101]

14. Υδατικό διάλυμα KOH (Δ_1) έχει περιεκτικότητα 5,6% w/v.

α) Ποιο είναι το pH του διαλύματος Δ_1 ;

β) Πόσα mL από το διάλυμα αυτό πρέπει να προσθέσουμε σε 500 mL υδατικού διαλύματος HNO_3 (Δ_2) που έχει $\text{pH} = 1$, ώστε να μεταβληθεί το pH του διαλύματος HNO_3 κατά μια μονάδα;

(απ.: 44,55 mL)

15. Υδατικό διάλυμα NH_3 έχει συγκέντρωση 0,1 M (Δ).

α) Ποιο είναι το pH του διαλύματος Δ ;

β) Πόσα mL αερίου HCl πρέπει να προσθέσουμε σε 200 mL του διαλύματος Δ , ώστε να μεταβληθεί το pH κατά δύο μονάδες;

Δίνονται: για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$, για το H_2O : $K_w = 10^{-14}$.

[απ.: (α) $\text{pH} = 11$, (β) 0,01 mol HCl]

16. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιξούμε υδατικό διάλυμα ασθενούς οξέος HA 1 M με υδατικό διάλυμα NaOH 1 M, ώστε να προκύψει διάλυμα με $\text{pH} = 5$;

Δίνονται: για το HA: $K_a = 10^{-5}$, για το H_2O : $K_w = 10^{-14}$.

(απ.: $V_{\text{HA}}/V_{\text{NaOH}} = 2:1$)

17. Υδατικό διάλυμα ασθενούς οξέος HA έχει συγκέντρωση 0,1 M και όγκο 500 mL.

α) Ποιο είναι το pH του διαλύματος;

β) Ποια ποσότητα NaOH πρέπει να προσθέσουμε, ώστε να προκύψει διάλυμα με pH :

- i) 9; ii) 12;

Με την προσθήκη NaOH δε μεταβάλλεται ο όγκος του διαλύματος.

Δίνεται για το HA: $K_a = 10^{-5}$.

[απ.: (i) $m = 2$ g, (ii) $m = 2,2$ g]

18. Υδατικό διάλυμα NH_3 έχει όγκο 2 L και συγκέντρωση 0,1 M.

α) Ποιο είναι το pH του διαλύματος;

β) Πόσα mol HCl πρέπει να προσθέσουμε, ώστε να προκύψει διάλυμα με pH :

- i) 5; ii) 9; iii) 1;

Με την προσθήκη HCl δεν μεταβάλλεται ο όγκος του διαλύματος.

Δίνεται για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$.

[απ.: (i) 0,2 mol, (ii) 0,1 mol, (iii) 0,4 mol]

19. Υδατικό διάλυμα NH_4Cl έχει συγκέντρωση 0,1 M.

α) Ποιο είναι το pH του διαλύματος;

β) Πόσα g KOH πρέπει να προσθέσουμε σε 200 mL του διαλύματος, ώστε να προκύψει διάλυμα με $pH = 9$; Με την προσθήκη KOH δε μεταβάλλεται ο όγκος του διαλύματος.

Δίνεται για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$.

(απ.: $m_{KOH} = 0,56$ g)

20. Σε 110 mL υδατικού διαλύματος NH_3 0,1 M προστίθεται ποσότητα HCl και προκαλείται μεταβολή στο pH του αρχικού διαλύματος κατά μια μονάδα. Να βρεθούν:

α) το pH του διαλύματος της NH_3 πριν από την προσθήκη του HCl,

β) ο αριθμός των moles του HCl τα οποία προστέθηκαν στο διάλυμα της NH_3 .

Θεωρείστε ότι ο όγκος του διαλύματος της NH_3 δεν μεταβάλλεται με την προσθήκη HCl.

Δίνεται για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$.

(απ.: $n_{HCl} = 10^{-3}$)

21. Ορισμένη ποσότητα Na διαλύεται στο νερό, οπότε προκύπτει διάλυμα Δ όγκου 2 L με $pH = 12$. Να υπολογιστούν:

α) Η μάζα του Na που προστίθεται και ο όγκος του αερίου που ελευθερώνεται, μετρημένος σε STP.

β) Τα mL διαλύματος ασθενούς οξέος HA 0,1 M που πρέπει να προσθέσουμε στο διάλυμα Δ, ώστε να προκύψει ουδέτερο διάλυμα.

Δίνεται για το HA: $K_a = 2 \cdot 10^{-8}$.

(απ.: 0,46 g NaOH, $V_{HA} = 1200$ mL)

Ρυθμιστικά διαλύματα

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

α. Σε όλα τα ρυθμιστικά διαλύματα υπάρχει επίδραση κοινού ιόντος. Επειδή οι αρχικές συγκεντρώσεις των συστατικών ($c_{οξέος}$ και $c_{βάσης}$) δεν είναι πολύ μικρές (συνήθως 0,1 - 1 M), γενικά επιτρέπονται οι γνωστές προσεγγίσεις.

β. Όταν ένα ρυθμιστικό διάλυμα περιέχει το οξύ και τη συζυγή του βάση με ίσες συγκεντρώσεις ($c_{οξέος} = c_{βάσης}$), ισχύει ότι:

$$pH = pK_a \quad \text{και} \quad pOH = pK_b$$

γ. Για να παρασκευάσουμε ένα ρυθμιστικό διάλυμα με ορισμένη τιμή pH, επιλέγουμε ένα ασθενές οξύ με τιμή pK_a όσο γίνεται πλησιέστερα στην επιθυμητή τιμή pH ή μια ασθενή βάση της οποίας η τιμή pK_b να είναι όσο γίνεται πλησιέστερα στην επιθυμητή τιμή pOH.

Για παράδειγμα, για την παρασκευή ενός ρυθμιστικού διαλύματος με $pH = 4$ ενδείκνυται η χρησιμοποίηση οξέος με $pK_a \approx 4$.

Για την παρασκευή ενός ρυθμιστικού διαλύματος με $pH = 9$, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη βάση NH_3 που έχει $pK_b \approx 5$.

Ασκήσεις θεωρίας - ερωτήσεις κρίσεως

22. Διαθέτουμε τα παρακάτω υδατικά διαλύματα που έχουν την ίδια συγκέντρωση, $c = 1 \text{ M}$:

- α) Διάλυμα CH_3COOH . β) Διάλυμα HCl .
 γ) Διάλυμα NaOH . δ) Διάλυμα CH_3COONa .

Να προτείνετε τρεις τρόπους με τους οποίους είναι δυνατό να παρασκευαστεί ένα ρυθμιστικό διάλυμα $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$.

23. Να εξετάσετε αν θα προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα σε καθεμία από τις παρακάτω περιπτώσεις υδατικών διαλυμάτων:

- α) Αναμιγνύουμε 100 mL διαλύματος NH_3 1 M με 200 mL διαλύματος NH_4Cl 1 M.
 β) Σε 500 mL διαλύματος CH_3COOH 1 M προσθέτουμε 200 mL διαλύματος NaOH 2 M.
 γ) Σε 200 mL διαλύματος CH_3COONa 1 M προσθέτουμε 200 mL διαλύματος HCl 1,2 M.
 δ) Σε 2 L διαλύματος HCOOH 1 M προσθέτουμε $2 \cdot 10^{-4} \text{ mol HCOONa}$.

24. Ένα ρυθμιστικό διάλυμα περιέχει $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$. Να εξηγήσετε τι είδους μεταβολή θα παρουσιάσει το pH του διαλύματος αν προσθέσουμε:

- α) νερό β) αέριο HCl
 γ) στερεό NaOH δ) στερεό CH_3COONa
 ε) υδατικό διάλυμα NaCl στ) καθαρό CH_3COOH

Με την προσθήκη στερεού ή αερίου δεν μεταβάλλεται ο όγκος του διαλύματος.

Προβλήματα

Για τη λύση των προβλημάτων δίνεται για το H_2O : $K_w = 10^{-14}$.

25. Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιξούμε υδατικό διάλυμα οξέος HA 0,5 M και υδατικό διάλυμα άλατος NaA 0,25 M, ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με $\text{pH} = 6$; Ποιος είναι ο βαθμός ιοντισμού του HA στο ρυθμιστικό διάλυμα;

Δίνεται για το HA : $K_a = 2 \cdot 10^{-6}$.

(απ.: $\alpha = 10^{-5}$)

26. Υδατικό διάλυμα NH_4Cl (Δ) έχει συγκέντρωση 0,1 M και $\text{pH} = 5$.

α) Να υπολογιστεί η σταθερά ιοντισμού K_b της NH_3 .

β) Πόσα mol NaOH πρέπει να προσθέσουμε σε 2 L του διαλύματος Δ , ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα όγκου 2 L με $\text{pH} = 9$;

Όλα τα διαλύματα έχουν θερμοκρασία 25 °C.

(απ.: 0,1 mol NaOH)

27. Υδατικό διάλυμα NH_3 (Δ_1) έχει συγκέντρωση 1 M.

α) Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος.

β) Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιξούμε το διάλυμα Δ_1 με ένα υδατικό διάλυμα NH_4Cl 0,5 M, ώστε να σχηματιστεί ρυθμιστικό διάλυμα Δ_2 με $\text{pH} = 9$; Ποιος είναι ο βαθμός ιοντισμού της NH_3 στο διάλυμα Δ_2 ;

Όλα τα διαλύματα έχουν θερμοκρασία 25 °C.

Δίνεται για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$.

28. Υδατικό διάλυμα ασθενούς οξέος HA (Δ_1) έχει $\text{pH} = 3$.

α) Ποια είναι η συγκέντρωση του διαλύματος;

β) Πόσα mL από το διάλυμα Δ_1 πρέπει να προστεθούν σε 2 L υδατικού διαλύματος NaA 0,5 M (Δ_2), ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με $\text{pH} = 6$;

Δίνεται για το HA: $K_a = 4 \cdot 10^{-6}$.

(απ.: $V_1 = 1 \text{ L}$)

29. Υδατικό διάλυμα HCl (Δ_1) και υδατικό διάλυμα ασθενούς βάσης B (Δ_2) έχουν την ίδια συγκέντρωση.

α) Αν το διάλυμα του HCl έχει $\text{pH} = 1$, να υπολογίσετε το pH του διαλύματος της βάσης.

β) Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιξούμε τα διαλύματα Δ_1 και Δ_2 , ώστε να σχηματιστεί ρυθμιστικό διάλυμα με $\text{pH} = 8$;

Δίνεται για τη βάση B: $K_b = 10^{-6}$.

(απ.: $V_2 = 2V_1$)

30. Ρυθμιστικό διάλυμα Δ_1 περιέχει HA με συγκέντρωση 0,1 M και NaA με συγκέντρωση 0,3 M. Ρυθμιστικό διάλυμα Δ_2 περιέχει HA με συγκέντρωση 0,3 M και NaA με συγκέντρωση 0,4 M.

α) Να συγκρίνετε το pH των διαλυμάτων Δ_1 και Δ_2 .

β) Με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιξούμε τα διαλύματα Δ_1 και Δ_2 , ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με $\text{pH} = 6$;

Δίνεται για το HA: $K_a = 2 \cdot 10^{-6}$.

(απ.: $V_1 = 2V_2$)

31. Διαθέτουμε 500 mL υδατικού διαλύματος CH_3COOH 1 M (Δ_1) και 500 mL υδατικού διαλύματος CH_3COONa 1 M (Δ_2).

α) Ποιος είναι ο μέγιστος όγκος ρυθμιστικού διαλύματος Δ_3 με $\text{pH} = 5$ που είναι δυνατό να παρασκευάσουμε χρησιμοποιώντας τα διαλύματα Δ_1 και Δ_2 ;

β) Να υπολογίσετε τον βαθμό ιοντισμού του CH_3COOH στο διάλυμα Δ_3 .

Δίνεται για το CH_3COOH : $K_a = 2 \cdot 10^{-5}$.

(απ.: $\alpha = 3 \cdot 10^{-5}$)

32. Υδατικό διάλυμα ασθενούς οξέος HA (Δ) έχει $\text{pH} = 3$.

α) Ποιος είναι ο βαθμός ιοντισμού του HA στο διάλυμα αυτό;

β) Με κατάλληλο τρόπο ρυθμίζουμε το pH του διαλύματος Δ , χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του. Να υπολογίσετε τον βαθμό ιοντισμού του HA, αν το pH ρυθμιστεί στην τιμή:

i) 2 ii) 4 iii) 5 iv) 6

Να ερμηνεύσετε τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

Δίνεται για το HA: $K_a = 10^{-5}$.

(απ.: (i) $\alpha = 10^{-3}$, (ii) $\alpha = 0,1$, (iii) $\alpha = 0,5$, (iv) $\alpha = 0,91$)

33. Θέλουμε να παρασκευάσουμε ρυθμιστικό διάλυμα HA - NaA με $\text{pH} = 5$. Αναμιγνύουμε 3 L διαλύματος HA 0,4 M και 2 L διαλύματος NaOH 0,3 M, οπότε προκύπτει διάλυμα Δ_1 .

α) Να εξετάσετε αν το διάλυμα Δ_1 έχει $\text{pH} = 5$.

β) Πόσα mol HA ή NaOH πρέπει να προσθέσουμε στο διάλυμα Δ_1 , ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα Δ_2 όγκου 5 L με $\text{pH} = 5$;

Δίνεται για το HA: $K_a = 2 \cdot 10^{-5}$.

[απ.: (α) όχι, (β) 0,2 mol NaOH]

34. Υδατικό διάλυμα NH_3 (Δ_1) έχει $\text{pH} = 11,5$, ενώ υδατικό διάλυμα HCl (Δ_2) έχει $\text{pH} = 0$.

α) Να υπολογίσετε τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων Δ_1 και Δ_2 .

β) Ποιους όγκους από τα διαλύματα Δ_1 και Δ_2 πρέπει να αναμιξούμε, ώστε να σχηματισθούν 600 mL ρυθμιστικού διαλύματος Δ_3 , με $\text{pH} = 9$;

γ) Στο ρυθμιστικό διάλυμα Δ_3 προστίθενται 0,1 mol HCl και το διάλυμα αραιώνεται σε όγκο 2 L. Να υπολογίσετε το pH του τελικού διαλύματος.

Η θερμοκρασία όλων των διαλυμάτων είναι 25°C .

Δίνονται: για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$, $\log 3 = 0,48$.

[απ.: (β) $V_1 = 400 \text{ mL}$, $V_2 = 200 \text{ mL}$, (γ) $\text{pH} = 8,52$]

35. 4,6 g μεταλλικού νατρίου διαλύονται πλήρως στο νερό, οπότε σχηματίζεται διάλυμα A όγκου 2 L.

α) Ποιο είναι το pH του διαλύματος A;

β) Στο διάλυμα A προσθέτουμε CH_3COOH , οπότε προκύπτει ρυθμιστικό διάλυμα B όγκου 2 L, το οποίο έχει $\text{pH} = 5$. Να υπολογιστεί η μάζα του CH_3COOH που προστέθηκε.

γ) Στο διάλυμα B προστίθενται 200 mL υδατικού διαλύματος HNO_3 1 M και το διάλυμα αραιώνεται, οπότε προκύπτει διάλυμα Γ όγκου 6 L. Ποιο είναι το pH του διαλύματος Γ;

Δίνεται για το CH_3COOH : $K_a = 2 \cdot 10^{-5}$.

[απ.: (β) 18 g CH_3COOH , (γ) $\text{pH} = 3$]

36. Ρυθμιστικό διάλυμα Δ_1 περιέχει HA με συγκέντρωση 0,5 M και NaA με συγκέντρωση 0,5 M. Ρυθμιστικό διάλυμα Δ_2 περιέχει HA με συγκέντρωση 0,8 M και NaA με συγκέντρωση 0,2 M.

α) Να συγκρίνετε το pH των δύο διαλυμάτων.

β) Σε 2 L καθενός διαλύματος προσθέτουμε 0,2 mol HCl , χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος. Να υπολογίσετε τη μεταβολή pH του καθενός διαλύματος. Ποιο διάλυμα έχει μεγαλύτερη ρυθμιστική ικανότητα;

Δίνονται: για το HA: $K_a = 10^{-4}$, $\log 4 = 0,6$, $\log 1,5 = 0,18$, $\log 9 = 0,95$.

[απ.: (β) Δ_1 : $\text{pH} = 3,82$, Δ_2 : $\text{pH} = 3,05$]

37. Ρυθμιστικό διάλυμα Δ , που περιέχει NH_3 και NH_4Cl με συγκεντρώσεις c_1 και c_2 αντίστοιχα, έχει $\text{pH} = 9$.

α) Να υπολογίσετε την αναλογία των συγκεντρώσεων c_1 και c_2 .

β) Σε 500 mL του διαλύματος Δ προσθέτουμε 0,04 mol HCl , οπότε το pH του διαλύματος μεταβάλλεται κατά 0,3 μονάδες. Να υπολογίσετε τις αρχικές συγκεντρώσεις c_1 και c_2 . Με την προσθήκη HCl δε μεταβάλλονται ο όγκος και η θερμοκρασία του διαλύματος.

Δίνονται: για την NH_3 : $K_b = 2 \cdot 10^{-5}$, $\log 2 = 0,3$.

(απ.: $c_1 = 0,2 \text{ M}$, $c_2 = 0,4 \text{ M}$)

38. Δύο ρυθμιστικά διαλύματα περιέχουν τα ίδια συστατικά: CH_3COOH και CH_3COONa . Στο πρώτο όμως οι συγκεντρώσεις και των δύο συστατικών είναι 1 M ενώ στο δεύτερο είναι 0,1 M. Σε 100 mL καθενός ρυθμιστικού διαλύματος ρίχνουμε 1 mL διαλύματος HCl συγκέντρωσης 1 M. Πόσο ελαττώνεται το pH κάθε διαλύματος με την προσθήκη οξέος; Που οφείλεται η διαφορά; Θεωρίστε τον συνολικό όγκο του διαλύματος μετά την προσθήκη του HCl 100 mL. Η σταθερά ιοντισμού του CH_3COOH είναι $K_a = 2 \cdot 10^{-5}$.

Δίνονται: $\log 2 = 0,3$, $\log \frac{0,99}{1,01} = 0,009$, $\log \frac{0,09}{0,11} = 0,09$.

Δείκτες - Ογκομέτρηση

ΜΙΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ

Με τους δείκτες μπορούμε να προσδιορίσουμε μια περιοχή pH και όχι να διαπιστώσουμε αν ένα διάλυμα είναι όξινο ή βασικό. Το χρώμα της όξινης μορφής ΗΔ εμφανίζεται σε διαλύματα με $\text{pH} \leq \text{pK}_{\text{a}(\text{H}\Delta)} - 1$. Έτσι, είναι δυνατό το χρώμα της όξινης μορφής να εμφανίζεται όχι μόνο σε όξινα διαλύματα αλλά και σε βασικά.

Για παράδειγμα, η φαινολοφθαλεΐνη έχει $\text{pK}_{\text{a}} = 9,5$. Η όξινη μορφή της (ΗΔ) είναι άχρωμη και επικρατεί σε διαλύματα με $\text{pH} \leq 8,2$, δηλαδή σε όξινα, ουδέτερα αλλά και σε ελαφρώς αλκαλικά διαλύματα.

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ισοδύναμο σημείο είναι το σημείο της ογκομέτρησης στο οποίο έχουν αντιδράσει πλήρως (στοιχειομετρικά) η ογκομετρούμενη ουσία με το πρότυπο διάλυμα.

Για να εντοπίσουμε το ισοδύναμο σημείο, πρέπει να υπάρξει μια ορατή μεταβολή, για παράδειγμα ένας δείκτης ο οποίος στην περιοχή pH του ισοδύναμου σημείου αλλάζει απότομα χρώμα.

Τελικό σημείο είναι το σημείο της ογκομέτρησης στο οποίο παρατηρείται χρωματική αλλαγή του ογκομετρούμενου διαλύματος, οπότε σταματάμε την προσθήκη του πρότυπου διαλύματος.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Το ισοδύναμο σημείο προσδιορίζεται από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης (**θεωρητικό σημείο**).

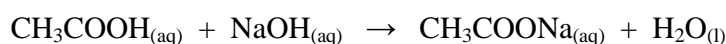
Το τελικό σημείο προσδιορίζεται συνήθως με την αλλαγή χρώματος κάποιου δείκτη (**πειραματικό σημείο**).

Η διαφορά μεταξύ του τελικού και του ισοδύναμου σημείου είναι το σφάλμα της ογκομέτρησης. Όσο πιο κοντά είναι το τελικό με το ισοδύναμο σημείο, τόσο πιο ακριβής είναι η ογκομέτρηση. Ίδανική είναι η περίπτωση όπου το τελικό και το ισοδύναμο σημείο συμπίπτουν.

Η χημική αντίδραση στην οποία στηρίζεται η ογκομέτρηση πρέπει να είναι ποσοτική (μονόδρομη), ταχεία και να υπάρχει τρόπος για τον προσδιορισμό του ισοδύναμου σημείου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται πιο συχνά οι αντιδράσεις εξουδετέρωσης.

ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗ ΑΣΘΕΝΟΥΣ ΟΞΕΟΣ ΜΕ ΙΣΧΥΡΗ ΒΑΣΗ

Έστω ότι ογκομετρούνται 50 mL υδατικού διαλύματος CH_3COOH άγνωστης συγκέντρωσης με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,1 M (αλκαλιμετρία). Χρησιμοποιώντας κατάλληλο δείκτη βρέθηκε ότι για την πλήρη εξουδετέρωση καταναλώθηκαν 50 mL από το πρότυπο διάλυμα NaOH . Η αντίδραση εξουδετέρωσης που πραγματοποιείται είναι:



Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης προκύπτει ότι στο σημείο της πλήρους εξουδετέρωσης ισχύει: $n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = n_{\text{NaOH}}$ ή

$$c_{\text{CH}_3\text{COOH}} V_{\text{CH}_3\text{COOH}} = c_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}} \quad \text{ή}$$

$$c_{\text{CH}_3\text{COOH}} 0,05 \text{ L} = 0,1 \text{ M} 0,05 \text{ L} \quad \text{ή} \quad c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,1 \text{ M}$$

Άρα η συγκέντρωση του αρχικού διαλύματος CH_3COOH είναι $c = 0,1 \text{ M}$.

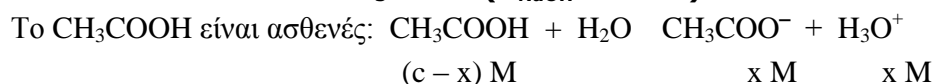
ΠΡΟΣΟΧΗ: Κατά την πλήρη εξουδετέρωση (ισοδύναμο σημείο) ενός μονοπρωτικού οξέος HA με πρότυπο διάλυμα NaOH ισχύει:

$$n_{\text{HA}} = n_{\text{NaOH}} \quad \text{ή} \quad c_{\text{HA}} V_{\text{HA}} = c_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}}$$

Αυτό ισχύει πάντα, ανεξάρτητα από το αν το οξύ HA είναι ισχυρό ή ασθενές.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ pH ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

I. ΑΡΧΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ CH_3COOH ($V_{\text{NaOH}} = 0 \text{ mL}$)



Θεωρώντας δεκτές τις προσεγγίσεις έχουμε:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = \sqrt{K_a \cdot c}$$

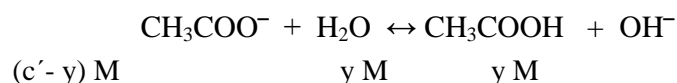
II. ΠΡΙΝ ΑΠΟ ΤΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΣΗΜΕΙΟ ($V_{\text{NaOH}} < 50 \text{ mL}$)

Το CH_3COOH εξουδετερώνεται μερικώς από το NaOH , οπότε στο διάλυμα περιέχονται η περίσσεια του CH_3COOH και η ποσότητα του CH_3COONa που σχηματίζεται από την αντίδραση εξουδετέρωσης. Δημιουργείται επομένως ρυθμιστικό διάλυμα ($\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COO}^-$), οπότε:



III. ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΣΗΜΕΙΟ ($V_{\text{NaOH}} = 50 \text{ mL}$)

Το CH_3COOH εξουδετερώνεται πλήρως, οπότε στο διάλυμα υπάρχει μόνο το CH_3COONa . Τα οξικά ανιόντα αντιδρούν με το H_2O :



Ισχύει: $[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \cdot c'}$ όπου $K_{b(\text{CH}_3\text{COO}^-)} = \frac{K_w}{K_a}$ και $\text{pH} > 7$

IV. ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΣΗΜΕΙΟ ($V_{\text{NaOH}} > 50 \text{ mL}$)

Το διάλυμα περιέχει CH_3COONa και την περίσσεια του NaOH . Το pH του διαλύματος καθορίζεται από το NaOH : $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$.

Το διάλυμα είναι βασικό και έχει τιμή pH μεγαλύτερη από εκείνη που έχει στο ισοδύναμο σημείο.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

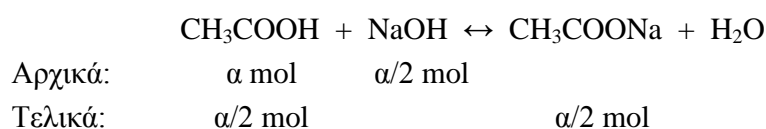
α. Στο ισοδύναμο σημείο το διάλυμα είναι βασικό ($\text{pH} = 8,7$). Ο δείκτης που επιλέγουμε πρέπει να έχει περιοχή αλλαγής χρώματος στην περιοχή pH του ισοδύναμου σημείου. Στην περίπτωση αυτή (ασθενές οξύ), το κατακόρυφο τμήμα της καμπύλης έχει μικρότερο εύρος (pH από 7 έως 10) από αυτό που παρατηρείται στις εξουδετερώσεις μεταξύ ισχυρών οξέων και βάσεων.

β. Μόλις προσθέσουμε αρχικά μικρή ποσότητα πρότυπου διαλύματος NaOH, παρατηρείται σημαντική αύξηση στην τιμή του pH. Στη συνέχεια με την προσθήκη διαλύματος NaOH, πριν το ισοδύναμο σημείο, η μεταβολή pH είναι ελάχιστη, επειδή δημιουργείται **ρυθμιστικό διάλυμα CH₃COOH - CH₃COO⁻**.

Όταν πλησιάζουμε στο ισοδύναμο σημείο, παρατηρείται απότομη αύξηση της τιμής του pH, η καμπύλη ογκομέτρησης όμως είναι λιγότερο απότομη από ότι στην εξουδετέρωση ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση (το κατακόρυφο τμήμα της καμπύλης έχει μικρότερο εύρος).

γ. Χαρακτηριστικό σημείο της καμπύλης ογκομέτρησης είναι το σημείο A, το οποίο αντιστοιχεί στο μέσο της ογκομέτρησης, δηλαδή όταν έχει προστεθεί η μισή από την απαιτούμενη ποσότητα πρότυπου διαλύματος ($V_{\text{NaOH}} = 25 \text{ mL}$).

Αν η ποσότητα NaOH που απαιτείται για την πλήρη εξουδετέρωση είναι $a \text{ mol}$, τότε στο μέσο της ογκομέτρησης έχουν προστεθεί $a/2 \text{ mol}$.



Στο μέσο της ογκομέτρησης έχει δημιουργηθεί ρυθμιστικό διάλυμα με $c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = c_{\text{CH}_3\text{COO}^-}$, οπότε από την εξίσωση Henderson - Hasselbalch προκύπτει:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{c_{\text{CH}_3\text{COO}^-}}{c_{\text{CH}_3\text{COOH}}} \quad \text{ή} \quad \text{pH} = \text{pK}_a$$

δ. Μετά το ισοδύναμο σημείο η καμπύλη ογκομέτρησης είναι ίδια με εκείνη που προκύπτει κατά την ογκομέτρηση ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση, αφού και στις δύο περιπτώσεις το pH του διαλύματος καθορίζεται από την περίσσεια ισχυρής βάσης.

Ασκήσεις θεωρίας - ερωτήσεις κρίσεως

39. Ο πρωτολυτικός δείκτης ΗΔ έχει $\text{pK}_a = 3,5$. Η όξινη μορφή έχει κόκκινο χρώμα, ενώ η βασική μορφή έχει κίτρινο χρώμα.

α) Ποια είναι η περιοχή αλλαγής χρώματος του δείκτη ΗΔ;

β) Σε υδατικό διάλυμα HCl 10^{-2} M προσθέτουμε μια σταγόνα από τον δείκτη ΗΔ.

i) Τι χρώμα θα αποκτήσει το διάλυμα;

ii) Ποια από τα παρακάτω σώματα μπορούμε να προσθέσουμε στο διάλυμα αυτό, ώστε να αποκτήσει κίτρινο χρώμα;

1. καθαρό HCl 2. νερό 3. NaOH

40. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις που αναφέρονται στους πρωτολυτικούς δείκτες είναι σωστές;

α) Μεταβάλλουν το χρώμα τους, ανάλογα με το pH του διαλύματος στο οποίο προστίθενται.

β) Είναι συνήθως ασθενή οργανικά οξέα ή ασθενείς οργανικές βάσεις.

γ) Χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της τιμής του pH με ακρίβεια.

δ) Η περιοχή αλλαγής χρώματος ενός δείκτη είναι περίπου δύο μονάδες στην κλίμακα pH.

ε) Η όξινη μορφή του δείκτη επικρατεί σε $\text{pH} < 7$, ενώ η βασική μορφή επικρατεί σε $\text{pH} > 7$ (25°C).

στ) Επειδή το καθαρό νερό είναι ουδέτερο ($\text{pH} = 7$ στους $25\text{ }^\circ\text{C}$), αν προσθέσουμε έναν δείκτη θα προκύψει άχρωμο διάλυμα.

ζ) Η όξινη μορφή ενός δείκτη απορροφά στην μπλε περιοχή του ορατού φάσματος. Αν προσθέσουμε τον δείκτη αυτόν σε διάλυμα HCl με $\text{pH} = 1$, το διάλυμα χρωματίζεται μπλε.

41. Ο πρωτολυτικός δείκτης $\text{H}\Delta$ είναι ασθενές μονοπρωτικό οξύ. Ποιες από τις επόμενες προτάσεις που αναφέρονται στον δείκτη $\text{H}\Delta$ είναι σωστές;

α) Η περιοχή pH στην οποία μεταβάλλεται το χρώμα του δείκτη εξαρτάται από τη σταθερά ιοντισμού του δείκτη.

β) Το χρώμα που δίνει η συζυγής βάση Δ^- επικρατεί όταν ισχύει $\text{pH} \leq \text{pK}_a + 1$.

γ) Με την αύξηση του pH του διαλύματος αυξάνεται ο λόγος των συγκεντρώσεων $[\Delta^-]/[\text{H}\Delta]$.

δ) Στη σχέση $K_a = [\text{H}_3\text{O}^+][\Delta^-]/[\text{H}\Delta]$, η $[\text{H}_3\text{O}^+]$ καθορίζεται κυρίως από τον ιοντισμό του δείκτη.

ε) Το χρώμα που παίρνει το διάλυμα εξαρτάται από το pH του διαλύματος και τη σταθερά ιοντισμού $K_{a(\text{H}\Delta)}$.

στ) Όταν ένα υδατικό διάλυμα έχει $\text{pH} = 7$ στους $25\text{ }^\circ\text{C}$, για τις δύο μορφές του δείκτη ισχύει $[\Delta^-] = [\text{H}\Delta]$.

ζ) Ο δείκτης $\text{H}\Delta$ σε διάλυμα με $\text{pH} = 4$ εμφανίζει κίτρινο χρώμα, ενώ σε διάλυμα με $\text{pH} = 10$ εμφανίζει μπλε χρώμα. Άρα σε διάλυμα με $\text{pH} = 7$ εμφανίζει πράσινο χρώμα.

Προβλήματα

Για τη λύση των προβλημάτων δίνεται για το H_2O : $K_w = 10^{-14}$.

42. Ο πρωτολυτικός δείκτης $\text{H}\Delta$ είναι ασθενές μονοπρωτικό οξύ με $K_a = 10^{-5}$. Όταν σε ένα υδατικό διάλυμα είναι $\lambda = [\text{H}\Delta]/[\Delta^-] \geq 10$, το διάλυμα αποκτά κόκκινο χρώμα, ενώ όταν $\lambda \leq 0,1$, το χρώμα του διαλύματος γίνεται κίτρινο.

α) Σε ποια περιοχή του pH γίνεται αλλαγή χρώματος του δείκτη $\text{H}\Delta$;

β) Τι χρώμα θα αποκτήσει το καθένα από τα παρακάτω υδατικά διαλύματα, αν προσθέσουμε δύο σταγόνες από τον δείκτη $\text{H}\Delta$;

i) Διάλυμα HCl 10^{-3} M .

ii) Διάλυμα NH_3 $0,1\text{ M}$.

iii) Διάλυμα HNO_3 10^{-5} M .

Δίνεται για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$.

43. Ο δείκτης $\text{H}\Delta$ είναι ασθενές μονοπρωτικό οξύ με $K_a = 10^{-9}$. Το χρώμα των μορίων $\text{H}\Delta$ είναι κίτρινο και επικρατεί όταν $[\text{H}\Delta] \geq 10 [\Delta^-]$, ενώ το χρώμα των ιόντων Δ^- είναι μπλε και επικρατεί όταν $[\Delta^-] \geq 10[\text{H}\Delta]$. Σε καθένα από τα επόμενα υδατικά διαλύματα προσθέτουμε μία σταγόνα από τον δείκτη $\text{H}\Delta$:

α) Διάλυμα CH_3NH_2 $0,2\text{ M}$.

β) Διάλυμα KNO_3 $0,1\text{ M}$.

γ) Διάλυμα HCl 10^{-5} M .

δ) Διάλυμα NH_3 $0,1\text{ M}$ - NH_4Cl $0,2\text{ M}$.

Να βρεθεί η αναλογία των δύο μορφών του δείκτη στο καθένα διάλυμα και το χρώμα που θα αποκτήσει το διάλυμα.

Δίνονται: για τη CH_3NH_2 : $K_b = 5 \cdot 10^{-4}$, για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$.

44. Ο πρωτολυτικός δείκτης ΗΔ είναι ασθενές μονοπρωτικό οξύ με $K_a = 10^{-6}$. Η όξινη μορφή ΗΔ έχει κίτρινο χρώμα, ενώ η βασική μορφή Δ^- έχει μπλε χρώμα. Να υπολογίσετε τον λόγο των συγκεντρώσεων $[\Delta^-]/[\text{ΗΔ}]$ των δύο μορφών του δείκτη και να εξετάσετε τι χρώμα θα αποκτήσει το διάλυμα, αν προσθέσουμε μια σταγόνα του δείκτη ΗΔ σε καθένα από τα επόμενα υδατικά διαλύματα:

α) Διάλυμα ασθενούς οξέος ΗΑ 0,5 Μ.

β) Διάλυμα με $\text{pH} = 6$.

γ) Διάλυμα με $\text{pH} = 7,3$.

Δίνονται: για το ΗΑ: $K_a = 2 \cdot 10^{-4}$, $\log 5 = 0,7$.

45. Για τον πρωτολυτικό δείκτη ΗΔ υπάρχουν τα εξής δεδομένα:

I. Η βασική μορφή του δείκτη επικρατεί σε $\text{pH} \geq 6$.

II. Ο δείκτης αλλάζει χρώμα όταν μετατραπεί κατά 80% στην ιοντική μορφή.

Να υπολογιστεί η σταθερά ιοντισμού του δείκτη.

(απ.: $K_a = 4 \cdot 10^{-6}$)

46. Η ηλιανθίνη είναι ένας δείκτης ο οποίος έχει χρώμα ερυθρό όταν $\text{pH} \leq 3,1$ και κίτρινο όταν $\text{pH} \geq 4,5$.

α) Σε υδατικό διάλυμα CH_3COOH (Δ_1) 1 Μ προσθέτουμε 2 - 3 σταγόνες του δείκτη ηλιανθίνη. Να εξετάσετε τι χρώμα θα αποκτήσει το διάλυμα Δ_1 .

β) Αν προσθέσουμε στο διάλυμα Δ_1 αέριο HCl χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος, να εξετάσετε αν θα παρατηρηθεί μεταβολή στο χρώμα του.

γ) Σε 200 mL του διαλύματος Δ_1 προσθέτουμε ηλιανθίνη. Αν στη συνέχεια προσθέσουμε 4 g NaOH , χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος, να εξετάσετε ποιο θα είναι το χρώμα του τελικού διαλύματος.

Δίνεται για το CH_3COOH : $K_a = 10^{-5}$.

(απ.: ερυθρό - ερυθρό - κίτρινο)

47. Ο δείκτης ΗΔ είναι ασθενές μονοπρωτικό οξύ. Η όξινη μορφή επικρατεί σε $\text{pH} \leq 5$ και χρωματίζει το διάλυμα κίτρινο, ενώ η βασική μορφή επικρατεί σε $\text{pH} \geq 7$ και χρωματίζει το διάλυμα κόκκινο.

α) Ποια είναι η τιμή K_a του δείκτη ΗΔ;

i) 10^{-5} ii) 10^{-6} iii) 10^{-7} iv) 10^{-12}

β) Σε 400 mL υδατικού διαλύματος NH_3 0,1 Μ προσθέτουμε δύο σταγόνες από τον δείκτη ΗΔ.

i) Ποιο χρώμα θα αποκτήσει το διάλυμα;

ii) Ποια είναι η ελάχιστη ποσότητα HCl που πρέπει να προσθέσουμε στο διάλυμα αυτό, ώστε να μεταβληθεί το χρώμα του;

Ο όγκος του διαλύματος δεν μεταβάλλεται με την προσθήκη του δείκτη και του HCl .

Δίνεται για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$.

(απ.: $n_{\text{min}} = 0,04 \text{ mol HCl}$)

48. Ρυθμιστικό διάλυμα X περιέχει ΗΑ 0,1 Μ και NaA 0,3 Μ. Στο διάλυμα X προσθέτουμε μια σταγόνα από τον δείκτη ΗΔ, οπότε το διάλυμα αποκτά κίτρινο χρώμα. Η αναλογία των δύο συζυγών μορφών του δείκτη στο διάλυμα X είναι 50:1.

α) Ποιο είναι το pH του διαλύματος X;

β) Ποια είναι η τιμή της σταθεράς ιοντισμού K_a του οξέος ΗΑ;

γ) Αν το διάλυμα αραιωθεί σε διπλάσιο όγκο, να εξετάσετε αν θα μεταβληθεί το χρώμα του διαλύματος.

Για τον δείκτη ΗΔ είναι $K_a = 2 \cdot 10^{-6}$. Η όξινη μορφή του δείκτη ΗΔ δίνει κίτρινο χρώμα, ενώ η βασική μορφή δίνει μπλε χρώμα.

[απ.: $K_{a(HA)} = 3 \cdot 10^{-4}$, δεν μεταβάλλεται]

49. 50 mL υδατικού διαλύματος HNO_3 (Δ) ογκομετρούνται με πρότυπο διάλυμα $NaOH$ 0,1 M παρουσία φαινολοφθαλεΐνης. Για το τελικό σημείο της ογκομέτρησης καταναλώθηκαν 50 mL από το διάλυμα $NaOH$. Να υπολογιστούν:

α) Η συγκέντρωση του διαλύματος HNO_3 .

β) Το pH του διαλύματος Δ μετά την προσθήκη των παρακάτω ποσοτήτων από το διάλυμα $NaOH$:

i) 0 mL ii) 10 mL iii) 40 mL

iv) 49 mL v) 50 mL vi) 51 mL

Δίνονται: $\log \frac{4}{60} = -1,18$, $\log 90 = 1,95$.

[απ.: (β) i. pH = 1, ii. pH = 1,18, iii. pH = 1,95, iv. pH = 3, v. pH = 7, vi. pH = 11]

50. 20 mL υδατικού διαλύματος $Ba(OH)_2$ (Δ_1) ογκομετρούνται με πρότυπο διάλυμα HCl 0,1 M. Για την πλήρη εξουδετέρωση του $Ba(OH)_2$ καταναλώθηκαν 20 mL πρότυπου διαλύματος. Να υπολογιστούν:

α) Η συγκέντρωση του διαλύματος Δ_1 .

β) Το pH του διαλύματος μετά την προσθήκη των παρακάτω ποσοτήτων από το διάλυμα HCl :

i) 0 mL ii) 10 mL iii) 20 mL

Δίνεται: $\log 30 = 1,48$.

[απ.: (α) 0,05 M, (β) i. pH = 13, ii. pH = 12,52, iii. pH = 7]

51. 20 mL υδατικού διαλύματος CH_3COOH ογκομετρούνται με πρότυπο διάλυμα $NaOH$ 0,1 M. Για το τελικό σημείο της ογκομέτρησης καταναλώθηκαν 20 mL πρότυπου διαλύματος. Να υπολογιστούν:

α) η συγκέντρωση του διαλύματος CH_3COOH ,

β) το pH του διαλύματος μετά την προσθήκη των παρακάτω ποσοτήτων από το διάλυμα $NaOH$:

i) 0 mL ii) 10 mL iii) 15 mL iv) 20 mL v) 21 mL

Δίνονται: για το CH_3COOH : $K_a = 10^{-5}$, για το H_2O : $K_w = 10^{-14}$, $\log 3 = 0,48$, $\log 7 = 0,85$, $\log 2,4 = 0,4$.

[απ.: (β) i. pH = 3, ii. pH = 5, iii. pH = 5,48, iv. pH = 8,85, v. pH = 11,4]

52. Η ασπιρίνη περιέχει ως κύριο συστατικό το ασθενές μονοπρωτικό οξύ ακετυλοσαλικυλικό ($C_9H_8O_4$). Ένα δισκίο ασπιρίνης μάζας 600 mg διαλύεται στο νερό και ογκομετρείται με διάλυμα $NaOH$ 0,05 M παρουσία φαινολοφθαλεΐνης. Για το ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης καταναλώθηκαν 50 mL πρότυπου διαλύματος. Ποια είναι η % w/w περιεκτικότητα του δισκίου σε ακετυλοσαλικυλικό οξύ; Τα υπόλοιπα συστατικά που περιέχονται στο δισκίο είναι αδρανή.

Δίνονται: $A_{r(C)} = 12$, $A_{r(H)} = 1$, $A_{r(O)} = 16$.

(απ.: 75%)

53. 50 mL υδατικού διαλύματος HCl 0,1 M ογκομετρούνται με πρότυπο διάλυμα $NaOH$ 0,1 M. Η προσθήκη $NaOH$ σταμάτησε όταν το διάλυμα είχε αποκτήσει $pH = 4$. Να υπολογίσετε το % σφάλμα της ογκομέτρησης.

(απ.: 0,2%)

54. Σε κωνική φιάλη περιέχονται 15 mL διαλύματος HCl συγκέντρωσης 0,2 M. Το διάλυμα ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα NaOH συγκέντρωσης 0,05 M. Να υπολογιστεί το pH του διαλύματος στην κωνική φιάλη μετά την προσθήκη:

- α) 20 mL από το πρότυπο διάλυμα,
- β) άλλων 40 mL από το πρότυπο διάλυμα.

Δίνονται: $\log 5,7 = 0,76$.

[απ.: (α) pH = 1,24, (β) pH = 7]

55. Έστω ένα υδατικό διάλυμα NH_3 (Δ_1). 10 mL από το διάλυμα Δ_1 αραιώνονται σε τελικό όγκο 50 mL, οπότε σχηματίζεται διάλυμα Δ_2 .

α) Να εξηγήσετε σε ποιο από τα διαλύματα Δ_1 και Δ_2 η NH_3 έχει μεγαλύτερο βαθμό ιοντισμού.

β) Το διάλυμα Δ_2 ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα HCl 0,2 M. Με τη βοήθεια κατάλληλου δείκτη βρέθηκε ότι για το τελικό σημείο της ογκομέτρησης καταναλώθηκαν 50 mL από το διάλυμα HCl. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση και το pH του διαλύματος Δ_1 .

γ) Να υπολογίσετε το pH στο τελικό σημείο της ογκομέτρησης και να εξηγήσετε αν η φαινολοφθαλεΐνη είναι κατάλληλος δείκτης για την ογκομέτρηση αυτή.

Δίνονται: για την NH_3 : $K_b = 10^{-5}$, για τη φαινολοφθαλεΐνη : $pK_a = 9,5$.

[απ.: (β) pH = 11,5, (γ) pH = 5]

56. Υδατικό διάλυμα ασθενούς μονοπρωτικού οξέος HA (Δ) έχει όγκο 20 mL. Το διάλυμα αυτό ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,2 M, παρουσία κατάλληλου δείκτη. Παρατηρούμε ότι για το τελικό σημείο της ογκομέτρησης καταναλώθηκαν 20 mL από το διάλυμα NaOH. Εξάλλου, μετά την προσθήκη 10 mL από το διάλυμα NaOH, το διάλυμα που προκύπτει έχει pH = 5. Να υπολογίσετε:

- α) τη συγκέντρωση του διαλύματος Δ ,
- β) τη σταθερά ιοντισμού K_a του οξέος HA,
- γ) τη συγκέντρωση των ιόντων H_3O^+ στο διάλυμα Δ ,
- δ) το pH στο ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης.

(απ.: στο Ι.Σ. pH = 9)

57. 3,7 g ενός μονοπρωτικού οξέος HA διαλύονται σε νερό, οπότε σχηματίζεται διάλυμα Δ όγκου 500 mL. Από το διάλυμα Δ ποσότητα 100 mL εισάγεται σε κωνική φιάλη και ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,2 M. Για το ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης καταναλώθηκαν 50 mL από το πρότυπο διάλυμα. Να υπολογιστούν:

- α) η σχετική μοριακή μάζα του οξέος HA,
- β) το pH του διαλύματος Δ ,
- γ) το pH του διαλύματος, όταν είχαν προστεθεί σε αυτό 10 mL από το διάλυμα NaOH.

Δίνονται: για το HA: $K_a = 10^{-5}$, $\log 4 = 0,6$.

(απ.: $\text{pH}_\Delta = 3$, pH = 4,4)

58. Υδατικό διάλυμα ασθενούς οξέος HA ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα NaOH. Η προσθήκη του διαλύματος NaOH σταμάτησε όταν το διάλυμα έγινε ουδέτερο (pH = 7).

- α) Να εξηγήσετε αν υπήρχε σφάλμα κατά την ογκομέτρηση.
 - β) Τι ποσοστό από το οξύ HA είχε εξουδετερωθεί στο τελικό σημείο της ογκομέτρησης;
- Δίνεται για το HA: $K_a = 10^{-6}$.

(απ.: το 90,9% οξέος)