

## Διαγώνισμα στο 5ο κεφάλαιο

Ονοματεπώνυμο:.....

### ΘΕΜΑ Α

Στις ερωτήσεις Α1-Α5 να επιλέξετε τη σωστή απάντηση:

**Α1.** Ποιο το  $pH$  υδατικού διαλύματος  $H_2SO_4$  0,05M; Ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις. Δίνεται:  $\log 5 = 0.7$

- α)  $pH < 1$       β)  $1,3 < pH < 2$       **γ)  $1 < pH < 1,3$**       δ)  $0,3 < pH < 1$

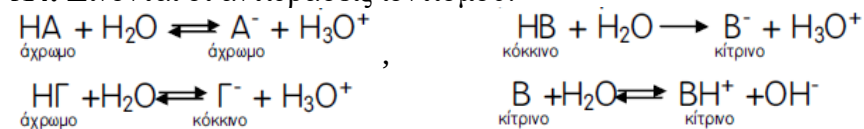
**Α2.** Υδατικό διάλυμα  $HBr$  0,1M έχει  $pOH = 12$  στους  $\theta^\circ C$ . Δίνεται  $K_w(25^\circ C) = 10^{-14}$ . Για τη θερμοκρασία  $\theta^\circ C$  ισχύει:

- α)  $\theta < 25^\circ C$       β)  $\theta = 25^\circ C$       **γ)  $\theta > 25^\circ C$**       δ) τα δεδομένα δεν επαρκούν

**Α3.** Δίνεται η χημική ισορροπία  $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$ . Προσθέτουμε μικρή ποσότητα  $NaOH_{(s)}$  χωρίς μεταβολή του όγκου του διαλύματος. Τι ισχύει για την  $[CH_3COO^-]$ ;

- α) μειώνεται      **β) αυξάνεται**      γ) δεν μεταβάλλεται      δ) δεν μπορούμε να γνωρίζουμε

**Α4.** Δίνονται οι αντιδράσεις ιοντισμού:



Από τις παραπάνω ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρωτολυτικοί δείκτες:

- α) Όλες      β) HB και HΓ      **γ) HΓ**      δ) HB

**Α5.** Στο ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης υδατικού διαλύματος οξέος HA με πρότυπο υδατικό διάλυμα NaOH, ισχύει στους  $25^\circ C$ :

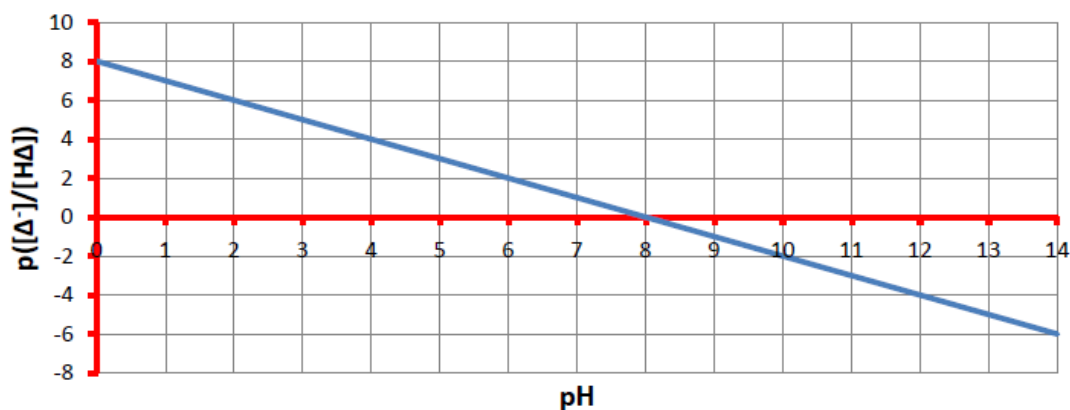
- α)  $pH = 7$       β)  $pH < 7$       γ)  $pH > 7$       **δ)  $pH \geq 7$**

Μονάδες 5 x 5 = 25

### ΘΕΜΑ Β

Απεικονίζουμε γραφικά την ποσότητα  $p \frac{[\Delta^-]}{[H\Delta]}$  έναντι του  $pH$  για τον πρωτολυτικό

δείκτη ερυθρό της φαινόλης. Η  $[\Delta^-]$  αναφέρεται στη βασική μορφή του δείκτη, ενώ η  $[H\Delta]$  στην όξινη. Θυμίζουμε ότι ισχύει  $pA = -\log A$  και  $K_w = 10^{-14}$ .

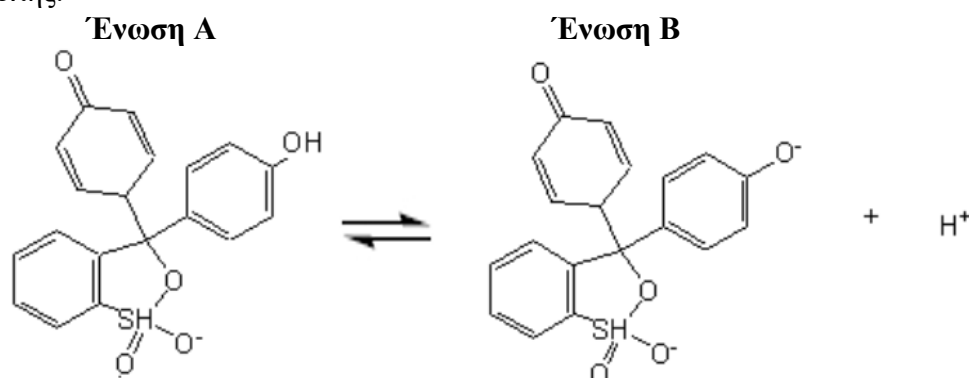


**B1.α)** Να υπολογίσετε την  $K_a$  του ερυθρού της φαινόλης.

Επιλέγουμε ένα σημείο της γραφικής παράστασης, πχ στο  $pH = 8$  όπου η παράσταση  $p \frac{[\Delta^-]}{[H\Delta]} = 0$  κι αντικαθιστούμε στην εξίσωση  $pH = pK_a + \log \frac{C_b}{C_a}$

$$8 = pK_a - 0 \Rightarrow K_a = 10^{-8}$$

Παρακάτω απεικονίζονται οι δύο μορφές (όξινη και βασική) του δείκτη ερυθρό της φαινόλης.



Η βασική μορφή του δείκτη έχει κόκκινο χρώμα ενώ η όξινη κίτρινο.

**β)** Η ένωση Α ή Β είναι η όξινη μορφή;

Η **ένωση Α** είναι το συζυγές οξύ ενώ η Β η συζυγής βάση (διαφέρουν κατά ένα κατιόν υδρογόνου).

**γ)** Τι χρώμα θα αποκτήσει ένα υδατικό διάλυμα στο οποίο έχουμε προσθέσει σταγόνες δείκτη ερυθρό της φαινόλης που περιέχει  $NH_4I$  και  $NH_3$  σε ίσες συγκεντρώσεις;

Ισχύουν όλες οι γνωστές προσεγγίσεις. Θερμοκρασία  $25^\circ C$ . Δίνεται  $K_w = 10^{-14}$  και  $K_{b,NH_3} = 10^{-5}$ .

Η περιοχή  $pH$  αλλαγής του χρώματος του δείκτη είναι:

$$pH \leq pK_a - 1 = 8 - 1 = 7 \text{ επικράτηση του χρώματος της όξινης μορφής (κίτρινο)}$$

$$pH \geq pK_a + 1 = 8 + 1 = 9 \text{ επικράτηση του χρώματος της βασικής μορφής (κόκκινο)}$$

Το διάλυμα της αμμωνίας με το ιωδιούχο αμμώνιο είναι ρυθμιστικό.

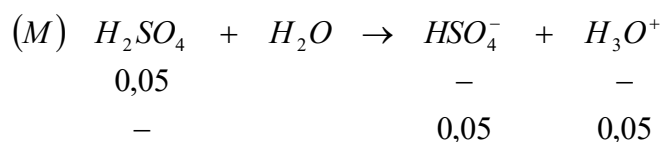
$$K_{a,NH_4^+} = \frac{K_w}{K_{b,NH_3}} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}$$

$$pH = pK_{a,NH_4^+} + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 9 \text{ άρα } \text{κόκκινο}$$

Μονάδες  $5 + 2 + 3 = 10$

**B2.** Να αιτιολογήσετε την απάντηση που δώσατε στο (Α1).

Το θεϊκό οξύ είναι ισχυρό στην πρώτη βαθμίδα ιοντισμού:

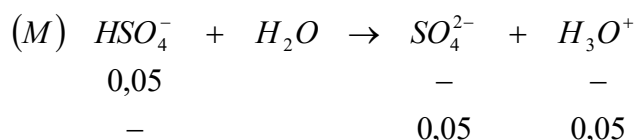


Αν ήταν μονοπρωτικό οξύ το  $pH = -\log(5 \cdot 10^{-2}) = 2 - \log(5) = 2 - 0,7 = 1,3$   
Αλλά επειδή είναι διπρωτικό οξύ συνεχίζετε ο ιοντισμός του με το όξινο θειικό ανιόν που παράχθηκε.

Άρα το  $pH < 1,3$  πάμε να δούμε ποια η κατώτατη τιμή που θα πάρει.

Το όξινο θειικό ανιόν είναι ασθενές οξύ.

Έστω ότι το  $HSO_4^-$  ήταν ισχυρό οξύ:



Άρα η συγκέντρωση των κατιόντων οξωνίου είναι:  $[H_3O^+] = 0,05 + 0,05 = 0,1 M$

Οπότε το  $pH = -\log(10^{-1}) = 1$

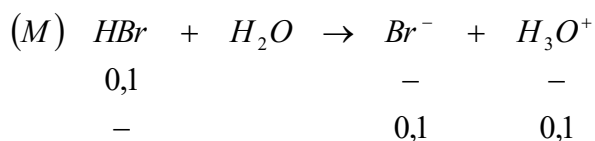
Αλλά επειδή στη δεύτερη βαθμίδα ιοντισμού του το θειικό δεν είναι ισχυρό οξύ, άρα  $pH > 1$ .

Συνοψίζοντας τα παραπάνω:  $1 < pH < 1,3$

Μονάδες 5

**B3.** Να αιτιολογήσετε την απάντηση που δώσατε στο (A2).

Το υδροβρώμιο είναι ισχυρό οξύ:



Οπότε  $pH = -\log(10^{-1}) = 1$

Όμως  $pK_w = pH + pOH = 1 + 12 = 13 \Rightarrow K_w = 10^{-13} > 10^{-14}$

Παρατηρούμε δηλαδή στην ισορροπία αυτοϊοντισμού του νερού που είναι ενδόθερμη αντίδραση, μετατόπιση της ισορροπίας προς τα δεξιά.

Κι επειδή αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί την ενδόθερμη φορά, άρα η θερμοκρασία

$\vartheta > 25^\circ C$

Μονάδες 5

**B4.** Να αιτιολογήσετε την απάντηση που δώσατε στο (A3).

Το  $NaOH$  είναι βάση και θα αντιδράσει με το ισχυρό οξύ  $H_3O^+$ , οπότε αφού θα καταναλωθούν τα κατιόντα οξωνίου λόγω της αρχής του Le Chatelier η ισορροπία θα μετατοπιστεί δεξιά για την αναπλήρωσή τους με αποτέλεσμα την **αύξηση** της συγκέντρωσης των οξικών ανιόντων  $[CH_3COO^-]$ .

Μονάδες 5

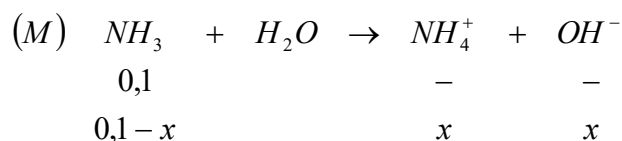
## ΘΕΜΑ Γ

Σε 1L υδατικού διαλύματος  $NH_3$  0,1 M διαβιβάζονται λ mole αερίου  $HCl$  χωρίς μεταβολή του όγκου του διαλύματος.

**Γ1.** Υπολογίστε το pH του διαλύματος μετά την προσθήκη του  $HCl$ , αν:

Δίνονται για την αμμωνία  $K_b = 10^{-5}$  και  $K_w = 10^{-14}$ .

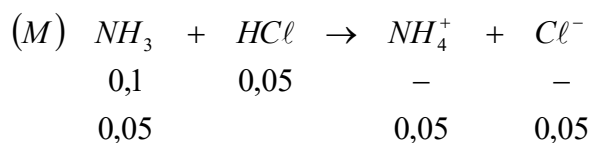
**α)  $\lambda = 0$**



Επειδή  $\frac{K_b}{C} = \frac{10^{-5}}{10^{-1}} = 10^{-4} < 10^{-2}$  άρα  $0,1 - x \approx 0,1$

$K_b = \frac{x^2}{0,1} = 10^{-5} \Rightarrow x = 10^{-3} \Rightarrow pOH = 3$  κι αφού  $K_w = 10^{-14}$  άρα  $pH = 11$

**β)  $\lambda = 0,05$**

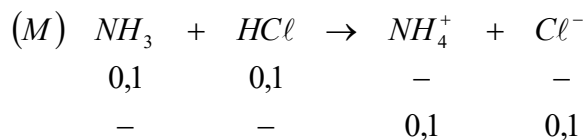


Το διάλυμα της αμμωνίας με το κατιόν αμμωνίου που προκύπτει είναι ρυθμιστικό.

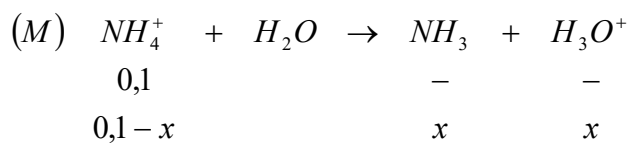
$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}$

$pH = pK_a + \log \frac{C_b}{C_a} \Rightarrow pH = 9$

**γ)  $\lambda = 0,1$**



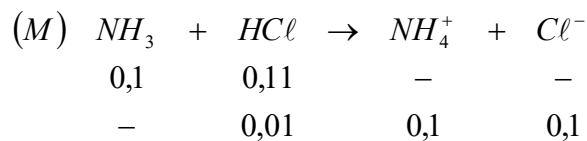
Το χλωριούχο ανιόν δεν αντιδρά με το νερό γιατί το υδροχλώριο είναι ισχυρό οξύ.



Επειδή  $\frac{K_a}{C} = \frac{10^{-9}}{10^{-1}} = 10^{-8} < 10^{-2}$  άρα  $0,1 - x \approx 0,1$

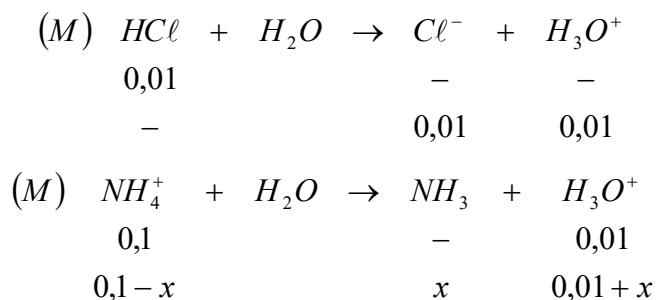
$K_a = \frac{x^2}{0,1} = 10^{-9} \Rightarrow x = 10^{-5} \Rightarrow pH = 5$

**δ)  $\lambda = 0,11$**



Το χλωριούχο ανιόν δεν αντιδρά με το νερό γιατί το υδροχλώριο είναι ισχυρό οξύ.

Άρα το  $pH$  του διαλύματος θα διαμορφωθεί από το υδροχλώριο και το κατιόν αμμωνίου.



Επειδή  $\frac{K_a}{[NH_4^+]} = \frac{10^{-9}}{10^{-1}} = 10^{-8} < 10^{-2}$  άρα  $0,1 - x \approx 0,1$

Παρακάτω θα δείξω ότι το  $pH$  του διαλύματος θα διαμορφωθεί από το ισχυρό οξύ υδροχλώριο μόνο και πως το  $x$  θεωρείτε αμελητέο ως προς το 0,01.

$$K_a = \frac{x \cdot (x + 0,01)}{0,1} = 10^{-9} \Rightarrow x^2 + 0,01x - 10^{-10} = 0$$

$$\Delta = (10^{-2})^2 + 4 \cdot 10^{-10} \approx 10^{-4}$$

$$x_1 = \frac{-0,01 - \sqrt{10^{-4}}}{2} = -0,01 \text{ απορρίπτεται}$$

$$x_2 = \frac{-0,01 + \sqrt{10^{-4}}}{2} = \frac{-0,01 + 0,01}{2} = 0$$

Άρα  $[H_3O^+] = 0,01 \Rightarrow \boxed{pH = 2}$

Μονάδες 4 x 5 = 20

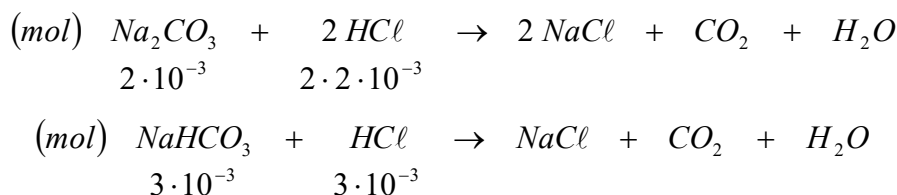
**Γ2.** Αναμειγνύονται 20 ml διαλύματος  $Na_2CO_3$  0,1 M και 10 mL διαλύματος  $NaHCO_3$  0,3 M. Για την τιτλοδότησή του καταναλώνονται συνολικά 50 mL πρότυπου διαλύματος  $HCl$ . Ποια είναι η συγκέντρωσή του;

$$n_{Na_2CO_3} = 0,1 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{NaHCO_3} = 0,3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

### 1ος τρόπος

Στο ισοδύναμο σημείο αυτής της ογκομέτρησης θα έχει αντιδράσει πλήρως το ανθρακικό νάτριο που είναι μια διπρωτική βάση, καθώς επίσης το όξινο ανθρακικό νάτριο που είναι μονοπρωτική βάση.



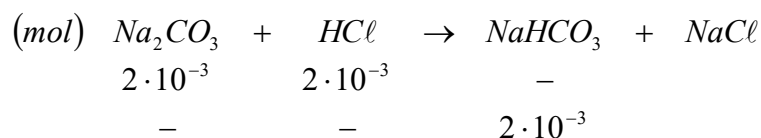
Άρα τα συνολικά mol του υδροχλωρίου  $n = 4 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ mol } HCl$

Και η συγκέντρωση του διαλύματος του υδροχλωρίου

$$C = \frac{n}{V} = \frac{7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{50 \cdot 10^{-3} \text{ L}} \Rightarrow C = 0,14 \text{ M}$$

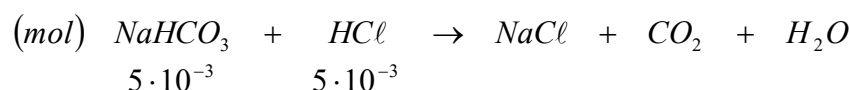
## 2ος τρόπος

Η εξουδετέρωση του ανθρακικού νατρίου με το υδροχλώριο γίνεται σε δύο βήματα.



Και σε δεύτερη φάση γίνεται η εξουδετέρωση του όξινου ανθρακικού νατρίου που υπήρχε στο διάλυμα συν αυτό που παράχθηκε από την πιο πάνω αντίδραση.

$$n_{NaHCO_3} = 3 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$



Άρα συνολικά απαιτήθηκαν  $n = 2 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ mol HCl}$

Και η συγκέντρωση του διαλύματος του υδροχλωρίου

$$C = \frac{n}{V} = \frac{7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{50 \cdot 10^{-3} \text{ L}} \Rightarrow C = 0,14 \text{ M}$$

Μονάδες 5

## ΘΕΜΑ Δ

Δίνονται τα υδατικά διαλύματα:

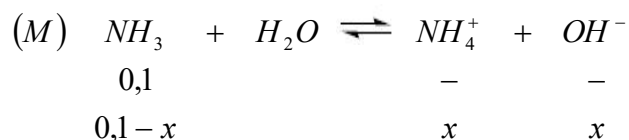
Υ1:  $NH_3$  0,1 M  $pH = 11$

Υ2:  $CH_3NH_2$  1 M  $a = 2\%$

Δ1. Να βρεθούν:

α) ο βαθμός ιοντισμού της αμμωνίας.

Αφού  $pH = 11$  και  $K_w = 10^{-14}$  άρα  $pOH = 3 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-3}$



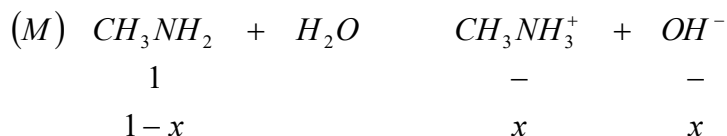
$$a = \frac{x}{C} = \frac{10^{-3}}{10^{-1}} \Rightarrow a = 10^{-2}$$

β) η  $K_b$  της αμμωνίας και της μεθυλαμίνης.

Αφού ισχύουν οι περιορισμοί κάνουμε την προσέγγιση  $0,1 - x \approx 0,1$

$$K_{b,NH_3} = \frac{(10^{-3})^2}{10^{-1}} \Rightarrow K_{b,NH_3} = 10^{-5}$$

Και για τη μεθυλαμίνη αφού  $a = 2 \cdot 10^{-2}$  όμως  $a = \frac{x}{C} \Rightarrow x = a \cdot C = 2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$



Αφού ισχύουν οι περιορισμοί κάνουμε την προσέγγιση  $1 - x \approx 1$

$$K_{b,CH_3NH_2} = \frac{(2 \cdot 10^{-2})^2}{1} \Rightarrow K_{b,CH_3NH_2} = 4 \cdot 10^{-4}$$

γ) Ποια από τις δύο βάσεις είναι ισχυρότερη; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Αφού  $K_{b,CH_3NH_2} > K_{b,NH_3}$  άρα η μεθυλαμίνη ισχυρότερη βάση της αμμωνίας.

Στο ίδιο συμπέρασμα θα καταλήγαμε αν συγκρίναμε την ισχύ των δύο αυτών βάσεων μέσω της μοριακής τους δομής.

Στη μεθυλαμίνη λόγω του +I επαγωγικού φαινομένου του μεθυλίου αυξάνει η ηλεκτρονική πυκνότητα του αζώτου της αμινομάδας με αποτέλεσμα να μπορεί να προσελκύσει κατιόντα υδρογόνου ευκολότερα από ότι στην αμμωνία.

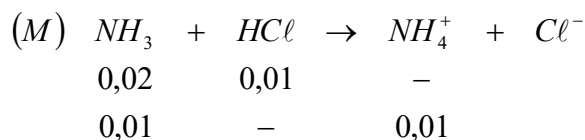
Μονάδες  $2 + 4 + 2 = 8$

**Δ2.** Σε 200 mL του διαλύματος Y1 προσθέτουμε 200 mL υδατικού διαλύματος HCl 0,05 M. Συμπληρώνουμε το διάλυμα με νερό μέχρι τελικού όγκου 1 L χωρίς μεταβολή της θερμοκρασίας, οπότε λαμβάνεται διάλυμα Y3.

Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Y3.

$$n_{NH_3} = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02 \text{ mol}$$

$$n_{HCl} = 0,05 \cdot 0,2 = 0,01 \text{ mol}$$



Το διάλυμα που προκύπτει είναι ρυθμιστικό.

$$K_{a,NH_4^+} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{C_b}{C_a} \Rightarrow pH = 9$$

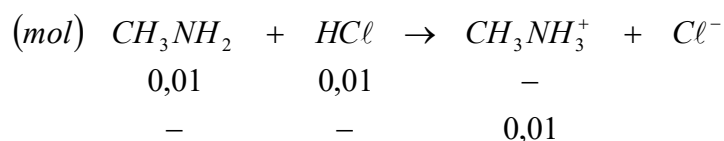
Μονάδες 7

**Δ3.** Σε 10 mL του διαλύματος Y2 προσθέτουμε 200 mL υδατικού διαλύματος HCl 0,05 M. Συμπληρώνουμε το διάλυμα με νερό μέχρι τελικού όγκου 250 mL χωρίς μεταβολή της θερμοκρασίας, οπότε λαμβάνεται διάλυμα Y4.

Να υπολογίσετε το pH του διαλύματος Y4.

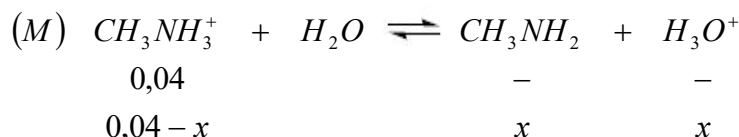
$$n_{CH_3NH_2} = 1 \cdot 0,01 = 0,01 \text{ mol}$$

$$n_{HCl} = 0,05 \cdot 0,2 = 0,01 \text{ mol}$$



$$[CH_3NH_3^+] = \frac{0,01 \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} = 0,04 \text{ M}$$

Το χλωριούχο ανιόν δεν αντιδρά με το νερό γιατί το υδροχλώριο είναι ισχυρό οξύ.



Αφού ισχύουν οι περιορισμοί κάνουμε την προσέγγιση  $0,04 - x \approx 0,04$

$$K_{a,CH_3NH_3^+} = \frac{10^{-14}}{4 \cdot 10^{-4}} = 25 \cdot 10^{-12}$$

$$K_{a,CH_3NH_3^+} = \frac{x^2}{0,04} = 25 \cdot 10^{-12} \Rightarrow x = 10^{-6} \Rightarrow \boxed{pH = 6}$$

Μονάδες 6

**Δ4.** Αναμειγνύουμε 100 mL του διαλύματος Y1 με 100 mL υδατικού διαλύματος  $HCOOH$  0,1 M χωρίς μεταβολή της θερμοκρασίας, οπότε λαμβάνεται διάλυμα Y5.

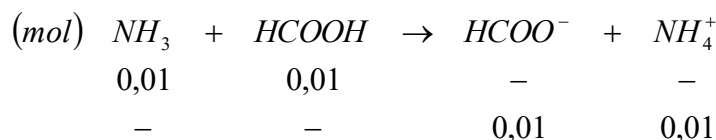
Το διάλυμα Y5 αναμένεται να είναι όξινο, βασικό ή ουδέτερο; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ C$ .  $K_{a,HCOOH} = 10^{-4}$ ,  $K_w = 10^{-14}$

Τα δεδομένα του προβλήματος επιτρέπουν της γνωστές προσεγγίσεις.

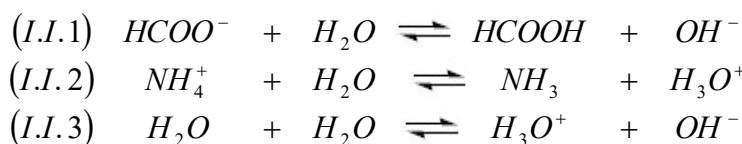
$$n_{NH_3} = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01 \text{ mol}$$

$$n_{HCOOH} = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01 \text{ mol}$$



$$[HCOO^-] = [NH_4^+] = \frac{0,01}{0,2} = 0,05 \text{ M}$$

Στο διάλυμα έχουμε τις εξής ιοντικές ισορροπίες:

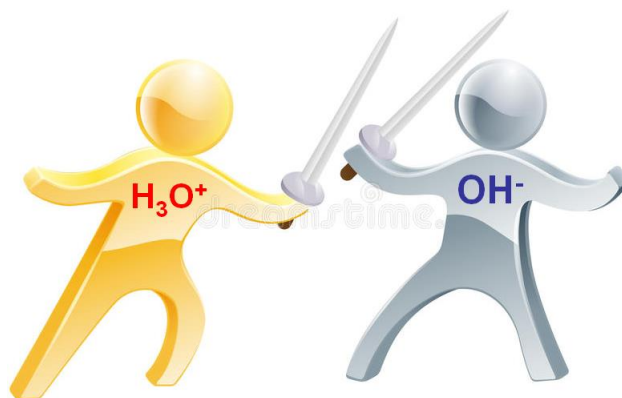


$$K_{b,HCOO^-} = \frac{10^{-14}}{10^{-4}} = 10^{-10}$$



$$K_{a,NH_4^+} = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}$$

Αφού  $K_{b,HCOO^-} < K_{a,NH_4^+}$  άρα η δεύτερη ιοντική ισορροπία είναι περισσότερο μετατοπισμένη προς τα δεξιά, κι αφού οι συγκεντρώσεις  $[HCOO^-] = [NH_4^+]$  άρα  $[H_3O^+] > [OH^-]$  οπότε  $pH < 7$  δηλαδή το διάλυμα είναι όξινο.



Μονάδες 4

καλή επιτυχία

