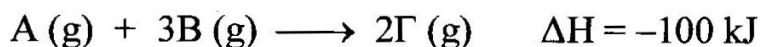


ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

# 1

Σε δοχείο όγκου 10 L και σταθερής θερμοκρασίας T εισάγονται 0,4 mol του αερίου A και 0,9 mol του αερίου B, τα οποία αρχίζουν να αντιδρούν σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση:



Τη χρονική στιγμή  $t_1 = 10 \text{ s}$  στο δοχείο περιέχονται 0,3 mol του A.

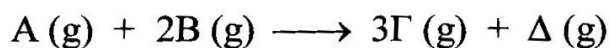
1. Να υπολογίσεις τις συγκεντρώσεις των τριών αερίων στο δοχείο τη στιγμή  $t_1$ .
2. Να υπολογίσεις πόση θερμότητα εκλύθηκε από την αντίδραση κατά τα πρώτα 10 s αυτής.
3. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα με την οποία αντιδρούσε το B και τη μέση ταχύτητα με την οποία παραγόταν το  $\Gamma$  κατά τη διάρκεια των πρώτων 10 s της αντίδρασης.
4. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης κατά τη διάρκεια των πρώτων 10 s αυτής.
5. Τη στιγμή  $t_1$  η πίεση στο δοχείο είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από την αρχική πίεση (δηλαδή την πίεση στο δοχείο μόλις εισήχθησαν σε αυτό τα αέρια A και B); Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
6. Κατά τη διάρκεια των επόμενων 10 s, δηλαδή από τη στιγμή  $t_1 = 10 \text{ s}$  μέχρι τη στιγμή  $t_2 = 20 \text{ s}$ , η μέση ταχύτητα της παραπάνω αντίδρασης είναι  $5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ . Να υπολογίσεις πόσα mol του B περιέχονται στο δοχείο τη στιγμή  $t_2 = 20 \text{ s}$ .

1

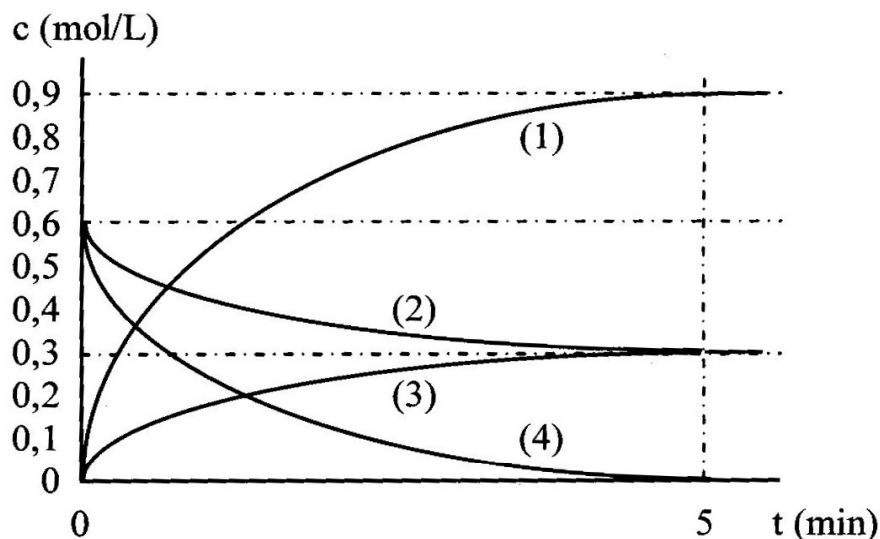
ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

2

Θεωρούμε την αντίδραση:



Στο επόμενο διάγραμμα, φαίνεται πώς μεταβάλλονται οι συγκεντρώσεις των τεσσάρων ουσιών, των αντιδρώντων και των προϊόντων της αντίδρασης, συναρτήσει του χρόνου.



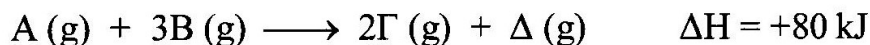
2

1. Να αιτιολογήσεις ποια καμπύλη από τις (1) έως και (4) αντιστοιχεί σε καθεμιά από τις ουσίες A, B, Γ και Δ.
2. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα με την οποία αντέδρασε το B.
3. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα με την οποία παράχθηκε το Γ.
4. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης.
5. Πόση είναι η ταχύτητα της αντίδρασης τη στιγμή  $t = 5$  min;

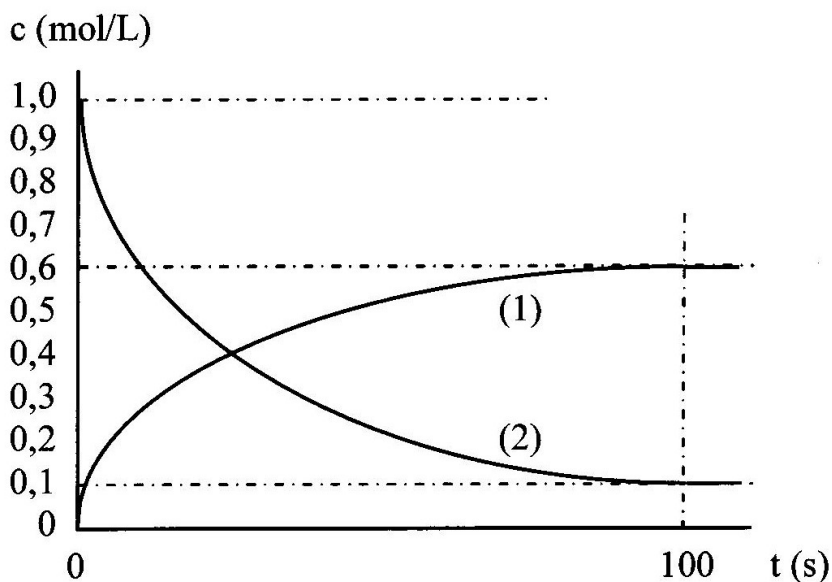
ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

# 3

Σε δοχείο όγκου 10 L εισάγονται ορισμένες ποσότητες των αερίων Α και Β, τα οποία αντιδρούν σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση:



Στο διάγραμμα που ακολουθεί, φαίνεται πώς μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου οι συγκεντρώσεις των δύο από τις τέσσερις ουσίες (αντιδρώντα και προϊόντα) που «εμφανίζονται» στην αντίδραση.



3

1. Να αιτιολογήσεις σε ποια ουσία αντιστοιχεί η καμπύλη (1) και σε ποια η (2).
2. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα με την οποία αντέδρασε το Β.
3. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα με την οποία παράχθηκε το Δ.
4. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης.
5. Πόσα mol του αερίου Α είχαν εισαχθεί αρχικά στο δοχείο;
6. Πόση θερμότητα απορροφήθηκε κατά την παραπάνω αντίδραση;

ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

# 4

I. Θεωρούμε την αντίδραση:



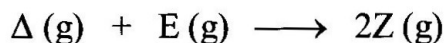
Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι μετρήσεις της συγκέντρωσης του A σε τρεις χρονικές στιγμές:

t (min)	[A] (mol/L)
0	0,20
1	0,12
2	0,06

1. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης κατά τη διάρκεια του πρώτου λεπτού και κατά τη διάρκεια του δεύτερου λεπτού.

2. Αν η μέση ταχύτητα της παραπάνω αντίδρασης κατά τη διάρκεια του τρίτου λεπτού είναι  $0,03 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , να υπολογίσεις τη συγκέντρωση του A τη στιγμή  $t = 3 \text{ min}$ .

II. Τα αέρια Δ και Ε εισάγονται σε κενό δοχείο και αντιδρούν μεταξύ τους σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Δίνονται τα εξής:

- Οι αρχικές συγκεντρώσεις των Δ και Ε είναι 1 M και 2 M αντιστοίχως.
- Η μέση ταχύτητα της αντίδρασης κατά τη διάρκεια των πρώτων 5 s είναι ίση με  $0,02 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ .

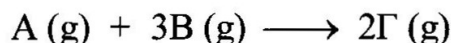
Να υπολογίσεις τις συγκεντρώσεις των τριών αερίων τη χρονική στιγμή  $t = 5 \text{ s}$ .

4

ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

# 5

I. Σε κενό δοχείο εισάγονται ορισμένες ποσότητες των αερίων A και B, τα οποία αρχίζουν να αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Μετά από 5 min οι συγκεντρώσεις των τριών αερίων στο δοχείο είναι:  $[A] = 1 \text{ M}$ ,  $[B] = 1,5 \text{ M}$  και  $[\Gamma] = 1,2 \text{ M}$ .

1. Να υπολογίσεις τις αρχικές συγκεντρώσεις των A και B.
2. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα της παραπάνω αντίδρασης κατά τη διάρκεια των 5 min.
3. Να υπολογίσεις τις συγκεντρώσεις των τριών αερίων στο δοχείο τη χρονική στιγμή  $t = 10 \text{ min}$ , αν δίνεται ότι η μέση ταχύτητα της παραπάνω αντίδρασης κατά το χρονικό διάστημα 5 min – 10 min ήταν  $0,08 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ .

5

II. Δίνεται η αντίδραση:



Κάποια χρονική στιγμή η ταχύτητα με την οποία αντιδρά το A είναι  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ .

1. Πόση είναι την ίδια χρονική στιγμή η ταχύτητα με την οποία αντιδρά το B;
2. Πόση είναι την ίδια χρονική στιγμή η ταχύτητα με την οποία σχηματίζεται το Δ;

ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

# 6

Σε κενό δοχείο όγκου 10 L και σταθερής θερμοκρασίας 500 K εισάγονται 0,5 mol του αερίου A και 1,2 mol του αερίου B, τα οποία αρχίζουν να αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Τη χρονική στιγμή  $t = 10 \text{ s}$ , η ολική πίεση των αερίων στο δοχείο μετράται 7,79 atm.

Δίνεται η παγκόσμια σταθερά των αερίων:  $R=0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

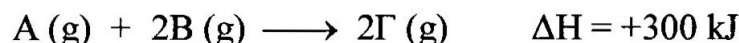
1. Πόσα mol του Δ έχουν παραχθεί τη στιγμή  $t = 10 \text{ s}$ ;
2. Πόση ήταν η μέση ταχύτητα με την οποία αντιδρούσε το B κατά τη διάρκεια αυτών των 10 s;
3. Πόση ήταν η μέση ταχύτητα με την οποία παραγόταν το Δ κατά τη διάρκεια αυτών των 10 s;
4. Πόση ήταν η μέση ταχύτητα της αντίδρασης κατά τη διάρκεια αυτών των 10 s;
5. Πόση θα είναι η ολική πίεση στο δοχείο, όταν ολοκληρωθεί η αντίδραση;

6

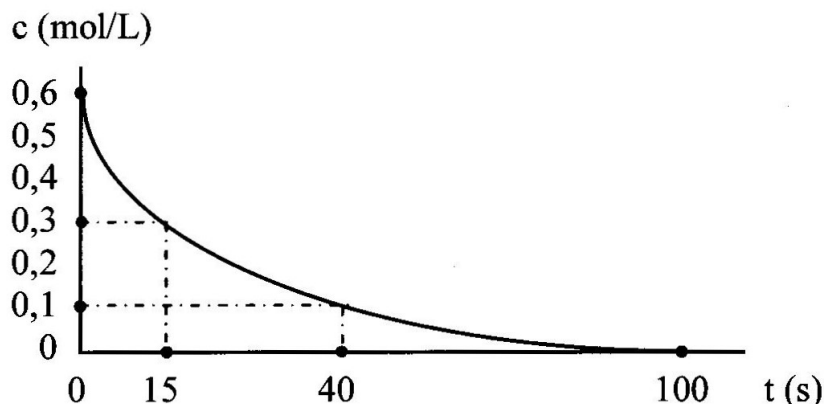
ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

7

Σε κενό δοχείο σταθερού όγκου 10 L και σταθερής θερμοκρασίας Γ εισάγεται ισομοριακό μίγμα των αερίων Α και Β, τα οποία αντιδρούν σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση:



Στο διάγραμμα που ακολουθεί, φαίνεται η μεταβολή της συγκέντρωσης συναρτήσει του χρόνου της μίας από τις τρεις ουσίες (αντιδρώντα και προϊόντα) που «εμφανίζονται» στην αντίδραση.



7

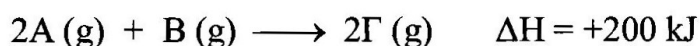
1. Σε ποια ουσία από τις τρεις αντιστοιχεί η παραπάνω καμπύλη; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
2. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε στο δοχείο.
3. Να υπολογίσεις το ποσό της θερμότητας που απορροφήθηκε από την αντίδραση.
4. Να υπολογίσεις πόσα mol του αερίου Α περιέχονται στο δοχείο τη στιγμή  $t = 15 \text{ s}$ .
5. Να υπολογίσεις πόσα mol του αερίου Γ περιέχονται στο δοχείο τη στιγμή  $t = 40 \text{ s}$ .
6. Να βρεις πόσο τοις εκατό μικρότερη είναι η τελική πίεση στο δοχείο από την αρχική (δηλαδή από την πίεση τη στιγμή που εισήχθη στο δοχείο το μίγμα των Α και Β).

ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

# 8

Σε κενό δοχείο όγκου 10 L και θερμοκρασίας 27°C εισάγεται ισομοριακό μίγμα των αερίων A και B. Η πίεση στο δοχείο μετράται 2,952 atm.

Το δοχείο θερμαίνεται στους θ°C, οπότε τα αέρια A και B αντιδρούν ποσοτικά, σύμφωνα με τη θερμοχημική εξίσωση:



Η αντίδραση ολοκληρώνεται σε 5 min και, μετά την ολοκλήρωσή της, η ολική πίεση στο δοχείο μετράται 3,69 atm.

Δίνεται η παγκόσμια σταθερά των αερίων:  $R=0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

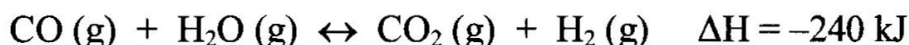
1. Να υπολογίσεις πόσα mol του A και πόσα του B περιείχε το μίγμα που εισήχθη στο δοχείο.
2. Να βρεις τη σύσταση του μίγματος των αερίων στο δοχείο μετά την ολοκλήρωση της αντίδρασης.
3. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα με την οποία αντέδρασε το B και τη μέση ταχύτητα με την οποία παράχθηκε το Γ.
4. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης.
5. Να υπολογίσεις το ποσό της θερμότητας που απορροφήθηκε κατά την αντίδραση.
6. Να υπολογίσεις το θ.

8

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 9

Σε δοχείο σταθερού όγκου 41 L και σταθερής θερμοκρασίας 127°C εισάγονται 1 mol μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και 1 mol υδρατμών (H<sub>2</sub>O). Αυτά αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Όταν αποκαθίσταται ισορροπία, το δοχείο περιέχει διοξείδιο του άνθρακα και μονοξείδιο του άνθρακα με αναλογία mol 3:1 αντιστοίχως.

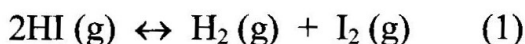
1. Να υπολογίσεις πόσα mol κάθε αερίου περιέχει το δοχείο στην ισορροπία.
2. Να υπολογίσεις την απόδοση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε στο δοχείο.
3. Να υπολογίσεις πόση θερμότητα εκλύθηκε από την αντίδραση που πραγματοποιήθηκε στο δοχείο.
4. Να υπολογίσεις την πίεση που επικρατεί στο δοχείο μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας.  
Δίνεται η παγκόσμια σταθερά των αερίων:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
5. Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της παραπάνω αντίδρασης, στους 127°C.
6. Στους 500 K, η σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της αντίδρασης έχει τιμή μικρότερη μεγαλύτερη ή ίση με αυτήν που υπολόγισες στο προηγούμενο ερώτημα; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
7. Στους 127°C, να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας της επόμενης αντίδρασης:



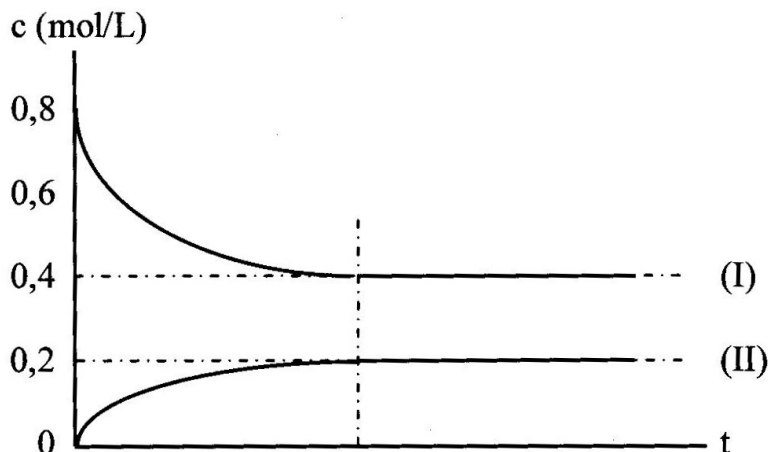
ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 10

Σε δοχείο σταθερού όγκου V εισάγεται ορισμένη ποσότητα ατμών υδροϊωδίου. Το δοχείο θερμαίνεται στους  $\theta^{\circ}\text{C}$ , οπότε ένα μέρος του υδροϊωδίου διασπάται, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Στο διάγραμμα που ακολουθεί, φαίνονται τόσο η μεταβολή της συγκέντρωσης του υδροϊωδίου όσο και η μεταβολή της συγκέντρωσης του ιωδίου, σε συνάρτηση με τον χρόνο:



10

1. Ποια από τις δύο καμπύλες (I) και (II) αντιστοιχεί στο υδροϊώδιο και ποια στο ιώδιο; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
2. Πόση ήταν η απόδοση της διάσπασης του υδροϊωδίου;
3. Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της (1) στους  $\theta^{\circ}\text{C}$ .
4. Ίση με την αρχική ποσότητα υδροϊωδίου εισάγεται σε δοχείο όγκου  $2V$  και θερμαίνεται στους  $\theta^{\circ}\text{C}$ .
  - α) Η απόδοση της διάσπασης του υδροϊωδίου θα είναι τώρα πιο μικρή, πιο μεγάλη ή ίση με την προηγούμενη;
  - β) Ποιες θα είναι τώρα οι συγκεντρώσεις των τριών αερίων, μετά την αποκατάσταση ισορροπίας;

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 11

Για την αντίδραση:



δίνεται  $K_c=4$ , στους  $\theta^\circ\text{C}$ .

Σε δοχείο όγκου 10 L και θερμοκρασίας  $\theta^\circ\text{C}$ , περιέχονται σε κατάσταση χημικής ισορροπίας 5,6 g μονοξειδίου του άνθρακα, 3,6 g υδρατμών και ισομοριακές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου.

1. Να υπολογίσεις τη μάζα του διοξειδίου του άνθρακα στο δοχείο.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: C=12, H=1, O=16.

2. Υπό σταθερή θερμοκρασία, διπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου. Πόση θα είναι η συγκέντρωση του μονοξειδίου του άνθρακα στο δοχείο, όταν ο όγκος του δοχείου γίνει 20 L; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

3. Αναφερόμαστε στην αρχική ισορροπία. Να πεις, αιτιολογώντας την απάντησή σου, αν η ποσότητα του υδρογόνου στο δοχείο θα αυξηθεί, θα ελαττωθεί ή δεν θα μεταβληθεί, σε καθεμιά από τις επόμενες περιπτώσεις:

α) Αυξάνουμε τη θερμοκρασία του δοχείου.

β) Ελαττώνουμε τον όγκο του δοχείου.

γ) Προσθέτουμε στο δοχείο μονοξείδιο του άνθρακα.

δ) Αφαιρούμε από το δοχείο υδρατμούς.

ε) Εισάγουμε στο δοχείο μικρή ποσότητα ηλίου (He).

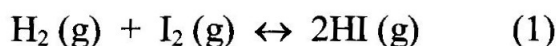
4. Αναφερόμαστε και πάλι στην αρχική ισορροπία. Να υπολογίσεις πόσα γραμμάρια υδρατμών πρέπει να προστεθούν στο δοχείο, ώστε η συγκέντρωση του υδρογόνου να γίνει 0,05 M;

11

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 12

Σε δοχείο σταθερού όγκου V και σταθερής θερμοκρασίας T εισάγονται 6 mol υδρογόνου και 6 mol ατμών ιωδίου, τα οποία αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



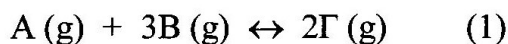
Όταν αποκαθίσταται χημική ισορροπία, στο δοχείο περιέχονται 6 mol υδροϊωδίου.

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της παραπάνω αντίδρασης.
2. Στο μίγμα ισορροπίας προσθέτουμε 4 mol υδροϊωδίου. Να υπολογίσεις πόσα mol υδρογόνου θα περιέχει το δοχείο, όταν αποκατασταθεί και πάλι ισορροπία.
3. Στο νέο μίγμα ισορροπίας προσθέτουμε 2 mol υδροϊωδίου και 2,25 mol ιωδίου. Να υπολογίσεις πόσα mol υδρογόνου θα περιέχονται τελικά στο δοχείο.
4. Σε θερμοκρασία 2T, η σταθερά ισορροπίας της (1) είναι  $K_c=5$ . Η (1) είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη αντίδραση; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
5. Σε δοχείο σταθερού όγκου 2V και σταθερής θερμοκρασίας T εισάγονται 0,6 g υδρογόνου, 76,2 g ατμών ιωδίου και 25,6 g υδροϊωδίου.
  - α) Να δείξεις ότι οι ποσότητες που εισήχθησαν στο δοχείο δεν βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας.
  - β) Να υπολογίσεις τη μάζα του υδρογόνου στο δοχείο, μετά την αποκατάσταση χημικής ισορροπίας.Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: H=1, I=127.

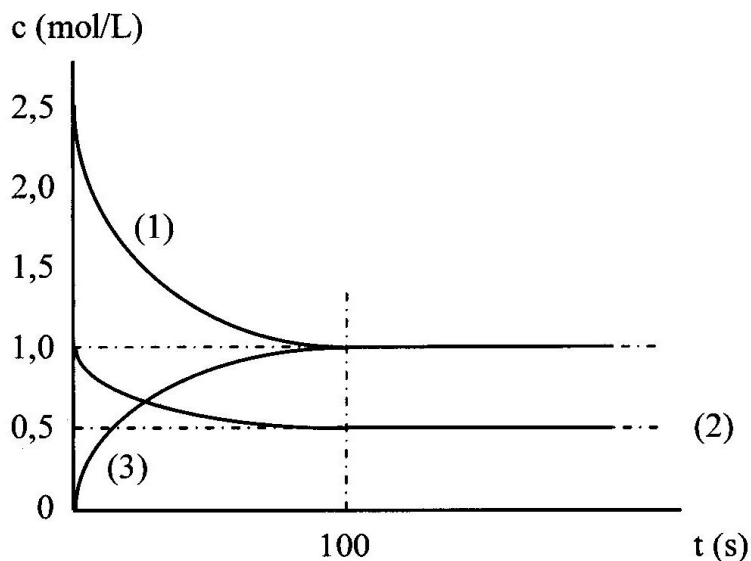
ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 13

Θεωρούμε την αντίδραση:



Σε δοχείο θερμοκρασίας  $\theta^{\circ}\text{C}$  εισάγονται ορισμένες ποσότητες των αερίων A και B, τα οποία αντιδρούν και το σύστημα φτάνει σε χημική ισορροπία. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, φαίνονται οι μεταβολές των συγκεντρώσεων των αερίων A, B και Γ, σε συνάρτηση με τον χρόνο:



13

1. Ποια καμπύλη από τις (1), (2) και (3) αντιστοιχεί στη μεταβολή της συγκέντρωσης του A, ποια αντιστοιχεί στη μεταβολή της συγκέντρωσης του B και ποια αντιστοιχεί στη μεταβολή της συγκέντρωσης του Γ; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
2. Να υπολογίσεις την απόδοση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε.
3. Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της (1) στους  $\theta^{\circ}\text{C}$ .
4. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης, από τη στιγμή της έναρξης μέχρι τη στιγμή της αποκατάστασης της χημικής ισορροπίας.

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 14

Σε δοχείο σταθερού όγκου  $V_1=10$  L και σταθερής θερμοκρασίας  $\theta^\circ\text{C}$  το οποίο έχει διαφανή τοιχώματα, εισάγονται 1,4 mol τετροξειδίου του αζώτου, το οποίο διασπάται προς διοξείδιο του αζώτου, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Όταν αποκαθίσταται χημική ισορροπία, το αέριο μίγμα στο δοχείο έχει καφετί χρώμα και περιέχει 2 mol διοξειδίου του αζώτου.

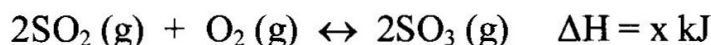
1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της (1) στους  $\theta^\circ\text{C}$ .
2. Αυξάνουμε τον όγκο του δοχείου από  $V_1$  σε  $V_2$ . Όταν αποκαθίσταται ξανά ισορροπία, το δοχείο περιέχει 2,4 mol διοξειδίου του αζώτου.
  - α) Πόσα mol τετροξειδίου του αζώτου περιέχει τώρα το δοχείο;
  - β) Πόσος είναι ο όγκος  $V_2$ ;
3. Ψύχουμε σιγά σιγά το δοχείο και παρατηρούμε ότι το καφετί χρώμα του περιεχομένου του όλο και εξασθενίζει. Η (1) είναι ενδόθερμη ή εξώθερμη αντίδραση; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
4. Αέριο μίγμα περιέχει 9,2 g τετροξειδίου του αζώτου και 23 g διοξειδίου του αζώτου. Το μίγμα εισάγεται σε δοχείο όγκου  $V_3$  και θερμοκρασίας  $\theta^\circ\text{C}$ . Διαπιστώνουμε ότι η σύσταση του μίγματος που εισάγεται στο δοχείο δεν μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου. Να υπολογίσεις πόσος είναι ο όγκος  $V_3$ .  
Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες:  $\text{N}=14$ ,  $\text{O}=16$ .

14

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 15

Σε δοχείο σταθερού όγκου  $V=20\text{ L}$  και θερμοκρασίας  $127^\circ\text{C}$  εισάγονται  $512\text{ g}$  διοξειδίου του θείου και  $80\text{ g}$  οξυγόνου, τα οποία αντιδρούν και τελικά αποκαθίσταται χημική ισορροπία, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Όταν αποκαθίσταται ισορροπία, το δοχείο περιέχει ίσα mol διοξειδίου και τριοξειδίου του θείου.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες:  $S=32$ ,  $O=16$ .

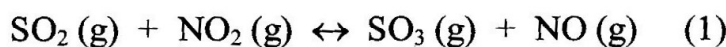
1. Να υπολογίσεις πόσα γραμμάρια οξυγόνου περιέχει το δοχείο στην ισορροπία.
  2. Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της παραπάνω αντίδρασης στους  $127^\circ\text{C}$ .
  3. Το δοχείο θερμαίνεται στους  $227^\circ\text{C}$ . Διαπιστώνουμε ότι:
    - Όταν αποκαθίσταται ξανά ισορροπία, το δοχείο περιέχει συνολικά  $9\text{ mol}$  αερίων.
    - Μέχρι να αποκατασταθεί η νέα ισορροπία, από το σύστημα απορροφήθηκε θερμότητα  $100\text{ kJ}$ .
- α) Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της παραπάνω αντίδρασης στους  $227^\circ\text{C}$ .
- β) Να υπολογίσεις το  $x$ .

15

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 16

Σε δοχείο όγκου 10 L και θερμοκρασίας  $\theta^{\circ}\text{C}$ , περιέχονται σε κατάσταση χημικής ισορροπίας 12,8 g διοξειδίου του θείου, 9,2 g διοξειδίου του αζώτου, 32 g τριοξειδίου του θείου και 12 g μονοξειδίου του αζώτου, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της (1), στους  $\theta^{\circ}\text{C}$ .

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: S=32, N=14, O=16.

2. Υπό σταθερή θερμοκρασία, διπλασιάζουμε τον όγκο του δοχείου. Πόση θα είναι η συγκέντρωση του μονοξειδίου του αζώτου στο δοχείο, όταν ο όγκος του δοχείου γίνει 20 L; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

Όλα τα επόμενα ερωτήματα, το καθένα χωριστά, αναφέρονται στην αρχική ισορροπία, στο δοχείο των 10 L.

3. Πόσα γραμμάρια μονοξειδίου του αζώτου πρέπει να εισαχθούν στο δοχείο, ώστε η ποσότητα του διοξειδίου του θείου να αυξηθεί κατά 6,4 g;

4. Πόσα γραμμάρια τριοξειδίου του θείου πρέπει να απομακρυνθούν από το δοχείο, ώστε η συγκέντρωση του διοξειδίου του θείου να γίνει 0,015 M;

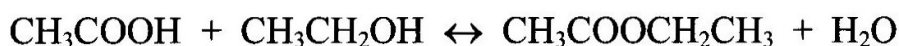
5. Εισάγουμε στο δοχείο 4,6 g διοξειδίου του αζώτου και 6 g μονοξειδίου του αζώτου. Πόσα γραμμάρια διοξειδίου του θείου θα περιέχει τελικά το δοχείο;

16

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 17

Σε 18 g αιθανικού οξέος επιδρούν 13,8 g αιθανόλης. Οι δύο ενώσεις αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Αποκαθίσταται χημική ισορροπία, όταν έχουν παραχθεί 17,6 g εστέ-  
ρα.

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της παραπάνω αντίδρα-  
σης εστεροποίησης.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: C=12, H=1, O=16.

2. Διαθέτουμε 12 g αιθανικού οξέος.

α) Πόσα γραμμάρια αιθανόλης πρέπει να επιδράσουμε στο οξύ, ώστε να εστεροποιηθεί το 50% αυτού;

β) Πόση θα είναι στην περίπτωση αυτή η απόδοση της αντίδρασης που θα πραγματοποιηθεί;

3. Σε δοχείο εισάγονται 6 g αιθανικού οξέος, 4,6 g αιθανόλης, 44 g αι-  
θανικού αιθυλεστέρα και 9 g νερού. Πόσα γραμμάρια εστέρα θα υ-  
πάρχουν στο δοχείο μετά την αποκατάσταση χημικής ισορροπίας;

4. Διαθέτουμε 120 g αιθανικού οξέος. Πόσα γραμμάρια αιθανόλης  
πρέπει να επιδράσουμε στο οξύ, ώστε η αντίδραση εστεροποίησης  
που θα πραγματοποιηθεί να έχει απόδοση 80%;

17

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 18

Σε δοχείο σταθερού όγκου  $V=10\text{ L}$  και θερμοκρασίας  $\theta^{\circ}\text{C}$  εισάγονται  $0,6\text{ mol}$  διοξειδίου του θείου και  $0,6\text{ mol}$  οξυγόνου, τα οποία αντιδρούν σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:



Διαπιστώνεται ότι:

- Η αρχική πίεση στο δοχείο, δηλαδή η πίεση τη στιγμή που εισάγονται το διοξείδιο του θείου και το οξυγόνο, είναι  $2,4\text{ atm}$ .
- Η χημική ισορροπία αποκαθίσταται μετά την πάροδο  $100\text{ s}$  από την έναρξη της αντίδρασης.
- Η συγκέντρωση του τριοξειδίου του θείου στη χημική ισορροπία είναι  $0,04\text{ M}$ .

1. Από τη στιγμή της έναρξης της αντίδρασης μέχρι τη στιγμή που αποκαταστάθηκε η χημική ισορροπία, να υπολογίσεις:
  - α) τη μέση ταχύτητα με την οποία αντέδρασε το οξυγόνο,
  - β) τη μέση ταχύτητα με την οποία σχηματίστηκε το τριοξείδιο του θείου και
  - γ) τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης.
2. Να υπολογίσεις τη σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της παραπάνω αντίδρασης στους  $\theta^{\circ}\text{C}$ .
3. Να υπολογίσεις πόση θερμότητα εκλύθηκε μέχρι να αποκατασταθεί η χημική ισορροπία.
4. Να υπολογίσεις την πίεση στο δοχείο μετά την αποκατάσταση της χημικής ισορροπίας.
5. Να υπολογίσεις πόσα  $\text{mol}$  οξυγόνου πρέπει να προστεθούν στο σύστημα που ισορροπεί, ώστε η συγκέντρωση του τριοξειδίου του θείου στο δοχείο να γίνει  $0,045\text{ M}$ .

18

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 19

Για την αντίδραση:



δίνεται  $K_c=2$ , στους  $\theta^\circ\text{C}$ .

Σε δοχείο σταθερού όγκου  $V=10 \text{ L}$  και θερμοκρασίας  $\theta^\circ\text{C}$  εισάγονται  $\alpha \text{ mol}$  αζώτου και  $\beta \text{ mol}$  υδρογόνου, τα οποία αντιδρούν και αποκαθίσταται χημική ισορροπία.

Διαπιστώνεται ότι:

- Η συγκέντρωση του υδρογόνου στη χημική ισορροπία είναι  $1 \text{ M}$ .
- Η συγκέντρωση της αμμωνίας στη χημική ισορροπία είναι επίσης  $1 \text{ M}$ .
- Η χημική ισορροπία αποκαταστάθηκε μετά την πάροδο  $5 \text{ min}$  από την έναρξη της αντίδρασης.

1. Να υπολογίσεις τα  $\alpha$  και  $\beta$ .

2. Να υπολογίσεις την απόδοση της αντίδρασης που πραγματοποιήθηκε.

3. Να υπολογίσεις πόση θερμότητα εκλύθηκε κατά τη διάρκεια της αντίδρασης.

4. Από τη στιγμή της έναρξης της αντίδρασης μέχρι τη στιγμή που αποκαταστάθηκε η χημική ισορροπία, να υπολογίσεις:

- α) τη μέση ταχύτητα με την οποία αντέδρασε το υδρογόνο,
- β) τη μέση ταχύτητα με την οποία σχηματίστηκε η αμμωνία και
- γ) τη μέση ταχύτητα της αντίδρασης.

5. Αν αυξηθεί η θερμοκρασία, η σταθερά ισορροπίας  $K_c$  της παραπάνω αντίδρασης θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

19

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 20

Για την αντίδραση:



δίνεται  $K_c=64$ , στους 600 K.

Σε κενό δοχείο όγκου 10 L και σταθερής θερμοκρασίας 600 K εισάγονται 0,4 g υδρογόνου, 50,8 g ατμών ιωδίου και 76,8 g υδροϊωδίου.

1. Να εξετάσεις αν οι ποσότητες που εισήχθησαν στο δοχείο βρίσκονται ή όχι σε κατάσταση χημικής ισορροπίας και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

2. Πόσα γραμμάρια υδρογόνου θα περιέχει το δοχείο μετά την αποκατάσταση χημικής ισορροπίας;

3. Θερμαίνουμε το δοχείο στους 1200 K. Αν ονομάσουμε:

- P την πίεση στο δοχείο στη χημική ισορροπία στους 600 K και
- P' την πίεση στο δοχείο στη χημική ισορροπία στους 1200 K, τότε θα ισχύει:

A.  $P' = 2P$       B.  $P' > 2P$       Γ.  $P' < 2P$

Από τις τρεις απαντήσεις να επιλέξεις τη σωστή και να αιτιολογήσεις την επιλογή σου.

4. Αν στο σύστημα που ισορροπεί, στους 600 K, εισαχθεί 1 mol υδροϊωδίου, πόσα γραμμάρια ιωδίου θα περιέχει το δοχείο μετά την αποκατάσταση και πάλι χημικής ισορροπίας;

20

### εισαγωγικά

Συμβουλή: Διάβασε μερικές φορές προσεκτικά τα λυμένα παραδείγματα που ακολουθούν στην επόμενη σελίδα (μεθοδολογία ασκήσεων), ώστε να μεθοδεύεις τις λύσεις των ασκήσεων με τον καλύτερο και τον πιο αποτελεσματικό τρόπο.

Παρακάτω επισημαίνουμε ασκήσεις με κάποιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό. Θα πρέπει να τις προσέξεις:

- καμπύλη ογκομέτρησης: 34, 40, 44, 48, 68
- διερεύνηση: 24, 27, 32, 33, 39, 47, 55, 67, 70
- διάλυμα δύο ασθενών ηλεκτρολυτών: 53, 57, 62, 64, 65, 66
- πειραματικός προσδιορισμός σταθεράς ιοντισμού: 46, 65
- διπρωτικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ): 50
- δεν επιτρέπονται οι συνήθεις προσεγγίσεις: 36, 59
- σε διάλυμα  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} \times \text{M} \Rightarrow [\text{CH}_3\text{COO}^-] 2 \times \text{M}$ : 43, 51, 67
- ιδιαίτερες: 52, 59, 62, 63, 66, 69, 70

## μεθοδολογία ασκήσεων

• Για να γράψουμε τη διάσταση ή τον ιοντισμό ενός ηλεκτρολύτη, πρέπει να γνωρίζουμε τη συγκέντρωσή του. Αν αυτή είναι άγνωστη, ξεκινάμε συμβολίζοντας την (π.χ. έστω  $c=x M$ ).

• Όταν αναμιγνύονται διαλύματα δύο ηλεκτρολυτών ή όταν ένας ηλεκτρολύτης προστίθεται στο διάλυμα ενός άλλου, το πρώτο που εξετάζουμε είναι αν αυτοί οι ηλεκτρολύτες αντιδρούν (ποσοτικά). Οι αντιδράσεις που ενδιαφέρουν την ύλη μας είναι οι εξής δύο:

1. οξύ + βάση →

2. άλας ασθενούς οξέος + ισχυρό οξύ →

& άλας ασθενούς βάσης + ισχυρή βάση →

Αφού γράψουμε την αντίδραση, θα υπολογίσουμε τι αντιδρά, τι παράγεται και τι περισσεύει (αν περισσεύει). Οι υπολογισμοί αυτοί θα γίνουν με ποσότητες (mol) και όχι με συγκεντρώσεις. Τέλος, θα υπολογίσουμε τις συγκεντρώσεις όλων των ουσιών στο τελικό διάλυμα.

• Όταν αναμιγνύονται διαλύματα, ακόμη και αν οι διαλυμένες ουσίες δεν αντιδρούν μεταξύ τους, οι συγκεντρώσεις αυτών των ουσιών στο διάλυμα που προκύπτει είναι διαφορετικές από τις αρχικές. Πρέπει λοιπόν να τις υπολογίσουμε.

• Όταν ένα διάλυμα αραιώνεται, η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή. Η ποσότητα όμως κάποιων ιόντων που περιέχονται στο διάλυμα μπορεί να μεταβάλλεται (για παράδειγμα, όταν αραιώνουμε ένα διάλυμα ασθενούς οξέος, το αραιωμένο διάλυμα περιέχει περισσότερα οξόνια από το αρχικό, επειδή με την αραιώση αυξήθηκε ο βαθμός ιοντισμού του οξέος). Γι' αυτό, όταν πρόκειται για ιόντα, αποφεύγουμε τη σχέση  $n_{\text{αρχικό}} = n_{\text{τελικό}}$ , για να μην κάνουμε λάθος.

• Όταν ζητείται ο όγκος ενός διαλύματος ή του νερού που πρέπει να προστεθεί σε ένα διάλυμα, τον θέτουμε πάντοτε σε λίτρα (π.χ. έστω ότι προστίθεται  $\varphi L$  του διαλύματος). Όταν ζητείται η ποσότητα μιας ουσίας που περιέχεται ή πρέπει να προστεθεί σε ένα διάλυμα, τη θέτουμε πάντοτε σε mol (π.χ. έστω ότι προσθέτουμε  $x \text{ mol}$  της ουσίας).

**1** - Το Δ είναι υδατικό διάλυμα του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος ΗΑ, με συγκέντρωση 0,1 Μ και pH=3.

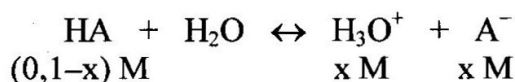
α) Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του ΗΑ, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού του στο Δ.

β) Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 100 mL του Δ, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μισή μονάδα.

γ) Σε 200 mL του Δ προσθέτουμε 10,8 g του οξέος ΗΑ (χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος), με αποτέλεσμα το pH του διαλύματος να μεταβληθεί κατά μισή μονάδα. Να υπολογίσεις τη σχετική μοριακή μάζα του ΗΑ.

Λύση

α) Έστω  $x$  mol/L το οξύ που ιοντίζεται. Στην ισορροπία θα έχουμε:



Όμως:  $\text{pH}=3 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]=10^{-3} \text{ M} \Rightarrow x=10^{-3}$

Οπότε:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{0,1 - 10^{-3}} = 10^{-5}$$

(στον παρονομαστή θεωρήσαμε  $0,1 - 10^{-3} \approx 0,1$ )

Ακόμη:

$$\alpha = \frac{x}{0,1} = \frac{10^{-3}}{0,1} = 10^{-2}$$

23

### Επισημανση 1

Προσοχή στο επόμενο «τρίγωνο»:

- $c$
- $K_a$
- pH ή  $\alpha$

Αν δίνονται τα δύο από τα τρία, αμέσως σκεφτόμαστε ότι μπορούμε να υπολογίσουμε το τρίτο.

β) Με την προσθήκη του νερού το διάλυμα γίνεται λιγότερο όξινο, επομένως το pH αυξάνεται (πλησιάζει στο 7). Θέλουμε λοιπόν να γίνει 3,5.

Έστω ότι πρέπει να προστεθούν  $\varphi$  L νερού. Με την προσθήκη του νερού αλλάζει η συγκέντρωση του διαλύματος. Υπολογίζουμε τη νέα συγκέντρωση συναρτήσει του  $\varphi$ :

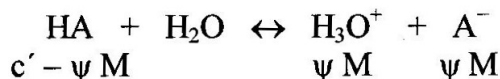
Στα 100 mL του Δ περιέχονταν:  $n = c \cdot V = 0,1 \cdot 0,1 \text{ mol} = 0,01 \text{ mol}$  ΗΑ

Η ίδια ποσότητα περιέχεται και στο αραιωμένο διάλυμα, ο όγκος του οποίου είναι  $(0,1+\varphi)$  L. Επομένως, η συγκέντρωση του αραιωμένου διαλύματος είναι:

$$c' = \frac{0,01}{0,1 + \varphi} \text{ M}$$

Από το pH και την  $K_a$  θα υπολογίσουμε το  $c'$ .

Έστω  $\psi$  mol/L το οξύ που ιοντίζεται. Στην ισορροπία θα έχουμε:



Όμως:  $\text{pH}=3,5 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]=10^{-3,5} \text{ M} \Rightarrow \psi=10^{-3,5}$

Οπότε:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{10^{-3,5} \cdot 10^{-3,5}}{c' - 10^{-3,5}} \Rightarrow c' = 0,01 \text{ M}$$

(στον παρονομαστή θεωρήσαμε  $c' - 10^{-3,5} \approx c'$ , θεωρήσαμε δηλαδή ότι το οξύ που ιοντίζεται,  $10^{-3,5}$  mol/L, είναι αμελητέο σε σχέση με το αρχικό,  $c'$  -και η τιμή του  $c'$  που βρήκαμε επαληθεύει την παραδοχή)

Τώρα μπορούμε να υπολογίσουμε το  $\varphi$ :

$$\frac{0,01}{0,1 + \varphi} = 0,01 \Rightarrow \varphi = 0,9$$

Επομένως, στα 100 mL του Δ πρέπει να προστεθούν 0,9 L νερού.

24

### Επισήμανση 2

• Όταν το διάλυμα ενός **ισχυρού** οξέος (ή βάσης) αραιώνεται **δέκα φορές**, το pH μεταβάλλεται **μία μονάδα**.

Αλλιώς: Για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος ενός **ισχυρού** οξέος (ή βάσης) κατά **μία μονάδα**, πρέπει η συγκέντρωση του διαλύματος να μεταβληθεί **δέκα** φορές.

Παράδειγμα: Διάλυμα HCl 0,1 M έχει pH=1.

Διάλυμα HCl 0,01 M έχει pH=2.

• Όταν το διάλυμα ενός **ασθενούς** οξέος (ή βάσης) αραιώνεται **δέκα φορές**, το pH μεταβάλλεται **μισή μονάδα**.

Αλλιώς: Για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος ενός **ασθενούς** οξέος (ή βάσης) κατά **μία μονάδα**, πρέπει η συγκέντρωση του διαλύματος να μεταβληθεί **εκατό** φορές.

Παράδειγμα: Διάλυμα HF 1 M ( $K_a=10^{-4}$ ) έχει pH=2.

Διάλυμα HF 0,1 M έχει pH=2,5.

Στην περίπτωση του ασθενούς ηλεκτρολύτη πρέπει να ισχύουν οι γνωστές προσεγγίσεις.

γ) Με την προσθήκη του HA το διάλυμα γίνεται πιο όξινο, επομένως το pH ελαττώνεται, οπότε από 3 γίνεται 2,5.

(Με βάση την Επισήμανση 2, ήδη το μυαλό μας σκέφτεται: Αφού το pH μεταβλήθηκε μισή μονάδα, η συγκέντρωση πρέπει να αυξήθηκε 10 φορές, δηλαδή να έγινε 1 M. Θα το επιβεβαιώσουμε παρακάτω.)

Έστω ότι τα 10,8 g του HA είναι  $\varphi$  mol (αν υπολογίσουμε το  $\varphi$ , θα υπολογίσουμε στη συνέχεια και τη σχετική μοριακή μάζα του HA). Με την προσθήκη του οξέος αλλάζει η συγκέντρωση του διαλύματος. Υπολογίζουμε τη νέα συγκέντρωση συναρτήσει του  $\varphi$ :

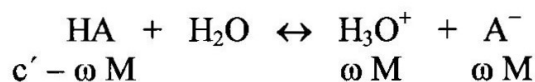
Στα 200 mL του Δ περιέχονταν:  $n = c \cdot V = 0,1 \cdot 0,2 \text{ mol} = 0,02 \text{ mol HA}$

Στο νέο διάλυμα, ο όγκος του οποίου παραμένει 0,2 L, θα περιέχονται  $(0,02 + \varphi) \text{ mol HA}$ . Επομένως, η συγκέντρωση του νέου διαλύματος είναι:

$$c' = \frac{0,02 + \varphi}{0,2} \text{ M}$$

Από το pH και την  $K_a$  θα υπολογίσουμε το  $c'$ .

Έστω  $\omega \text{ mol/L}$  το οξύ που ιοντίζεται. Στην ισορροπία θα έχουμε:



Όμως:  $\text{pH} = 2,5 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,5} \text{ M} \Rightarrow \omega = 10^{-2,5}$

Οπότε:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{10^{-2,5} \cdot 10^{-2,5}}{c' - 10^{-2,5}} \Rightarrow c' = 1 \text{ M}$$

(επιβεβαίωση της Επισήμανσης 2)

Τώρα μπορούμε να υπολογίσουμε το  $\varphi$ :

$$\frac{0,02 + \varphi}{0,2} = 1 \Rightarrow \varphi = 0,18$$

Βρήκαμε λοιπόν ότι τα 10,8 g του HA είναι 0,18 mol. Οπότε ( $n = m/M_r$ ) υπολογίζουμε ότι η σχετική μοριακή μάζα του HA είναι 60.

**2.** Το Δ είναι υδατικό διάλυμα του μονοπρωτικού οξέος HA, με  $\text{pH} = 3$ . Παίρνουμε 20 mL του Δ και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 2 L. Μετράμε το pH του αραιωμένου διαλύματος και το βρίσκουμε 4. Το οξύ HA είναι ισχυρό ή ασθενές;

Λύση

Η λύση θα στηριχτεί στην εξής παρατήρηση:

• Όταν αραιώνουμε διάλυμα **ισχυρού** οξέος (ή βάσης), η **ποσότητα** των οξωνίων (ή υδροξειδίων) **μένει αμετάβλητη** (προσοχή: η ποσότητα, όχι η συγκέντρωση). Όσα οξώνια περιέχονταν στο αρχικό διάλυμα τόσα θα περιέχονται και στο αραιωμένο, αφού το οξύ είχε ιοντιστεί πλήρως από την αρχή. Δεν μπορεί να παραγάγει άλλα οξώνια.

• Αντιθέτως, όταν αραιώνουμε διάλυμα ασθενούς οξέος (ή βάσης), η ποσότητα των οξωνίων (ή υδροξειδίων) αυξάνεται. Διότι με την αραιώση ελαττώνεται η συγκέντρωση του διαλύματος, οπότε αυξάνεται ο βαθμός ιοντισμού του οξέος και έτσι δημιουργούνται περισσότερα οξώνια στο διάλυμα.

Ερχόμαστε τώρα στη λύση:

• Αρχικό διάλυμα:  $\text{pH}=3 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]=10^{-3} \text{ M}$

Άρα, αφού στα 1000 mL διαλύματος περιέχονταν  $10^{-3} \text{ mol H}_3\text{O}^+$ , στα 20 mL περιέχονταν  $2 \cdot 10^{-5} \text{ mol H}_3\text{O}^+$ .

• Αραιωμένο διάλυμα:  $\text{pH}=4 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]=10^{-4} \text{ M}$

Άρα, αφού στο 1 L διαλύματος περιέχονται  $10^{-4} \text{ mol H}_3\text{O}^+$ , στα 2 L περιέχονται  $2 \cdot 10^{-4} \text{ mol H}_3\text{O}^+$ .

Παρατηρούμε ότι με την αραιώση αυξήθηκε η ποσότητα των οξωνίων στο διάλυμα. Συμπεραίνουμε ότι το HA είναι ασθενές οξύ.

**3.** Το Δ είναι υδατικό διάλυμα της ασθενούς μονοπρωτικής βάσης B, η σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της οποίας είναι ίση με  $2 \cdot 10^{-5}$ . Το Δ έχει συγκέντρωση 0,05 M.

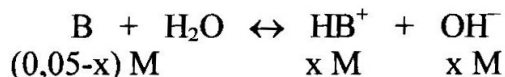
α) Να υπολογίσεις το pH του Δ.

β) 100 mL του Δ αραιώνονται με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 400 mL. Να υπολογίσεις τον λόγο  $\alpha_2:\alpha_1$ , όπου  $\alpha_2$  ο βαθμός ιοντισμού της B στο αραιωμένο διάλυμα και  $\alpha_1$  ο βαθμός ιοντισμού της στο Δ.

γ) Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 200 mL του Δ, ώστε στο αραιωμένο διάλυμα που θα προκύψει ο βαθμός ιοντισμού της B να είναι τριπλάσιος από τον βαθμό ιοντισμού της στο Δ.

Λύση

α) Έστω  $x \text{ mol/L}$  η βάση που ιοντίζεται. Στην ισορροπία θα έχουμε:



Από την  $K_b$  θα υπολογίσουμε το  $x$ :

$$K_b = \frac{[\text{HB}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,05 - x} \Rightarrow x = 10^{-3}$$

Οπότε:  $[\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 3 \Rightarrow \text{pH} = 11$

β) Στο αρχικό διάλυμα:  $K_b = \alpha_1^2 \cdot c_1$  (1)

Στο αραιωμένο διάλυμα:  $K_b = \alpha_2^2 \cdot c_2$  (2)

Η  $K_b$  δεν μεταβλήθηκε, αφού εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία. Έτσι, από τις (1) και (2) παίρνουμε (στα παρακάτω θα χρησιμοποιήσουμε το ότι  $n_1=n_2$ , δηλαδή όσα mol της B περιέχονταν στο αρχικό διάλυμα τόσα περιέχονται και στο τελικό):

$$\alpha_1^2 \cdot c_1 = \alpha_2^2 \cdot c_2 \Rightarrow \alpha_1^2 \cdot \frac{n_1}{V_1} = \alpha_2^2 \cdot \frac{n_2}{V_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\alpha_2}{\alpha_1}\right)^2 = \frac{V_2}{V_1} = \frac{400 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = \frac{4}{1} \Rightarrow \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{2}{1}$$

γ) Έστω ότι πρέπει να προστεθούν φ L νερού. Ο όγκος του διαλύματος γίνεται (0,2+φ) L. Θέλουμε  $\alpha_2=3\alpha_1$ . Εργαζόμαστε όπως ακριβώς στο προηγούμενο ερώτημα και υπολογίζουμε το φ:

$$\alpha_1^2 \cdot c_1 = \alpha_2^2 \cdot c_2 \Rightarrow \alpha_1^2 \cdot \frac{n_1}{V_1} = (3\alpha_1)^2 \cdot \frac{n_2}{V_2} \Rightarrow V_2 = 9V_1 = 1,8 \text{ L} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,2 + \varphi = 1,8 \Rightarrow \varphi = 1,6$$

Άρα, στα 200 mL του Δ πρέπει να προστεθούν 1,6 L νερού.

**4.** Το Δ είναι υδατικό διάλυμα της ασθενούς μονοπρωτικής βάσης B, η σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της οποίας είναι  $2 \cdot 10^{-5}$ . Το Δ έχει συγκέντρωση 0,05 M. Να υπολογίσεις πόσα mol NaOH πρέπει να προστεθούν σε 400 mL του Δ, ώστε ο βαθμός ιοντισμού της B να ελαττωθεί εκατό φορές. Να υπολογίσεις επίσης το pH του τελικού διαλύματος. Δίνεται ότι η προσθήκη του NaOH δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

Λύση

Υπολογίζουμε πρώτα τον αρχικό βαθμό ιοντισμού της B:

$$K_b = \alpha_1^2 \cdot c_1 \Rightarrow 2 \cdot 10^{-5} = \alpha_1^2 \cdot 0,05 \Rightarrow \alpha_1 = 2 \cdot 10^{-2}$$

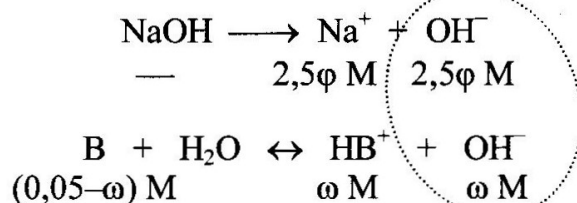
Θέλουμε ο βαθμός ιοντισμού να ελαττωθεί εκατό φορές, άρα θέλουμε ο νέος βαθμός ιοντισμού να είναι:  $\alpha_2 = 2 \cdot 10^{-4}$

Έστω ότι προστίθενται φ mol NaOH. Με την προσθήκη του NaOH δεν πραγματοποιείται καμία αντίδραση. Η συγκέντρωσή του στο διάλυμα θα είναι:

$$c = \frac{\varphi}{0,4} \text{ M} = 2,5\varphi \text{ M}$$

Η συγκέντρωση της B δεν μεταβλήθηκε.

Έχουμε άσκηση επίδρασης κοινού ιόντος. Γράφουμε τη διάσταση του NaOH και τον ιοντισμό της B, υποθέτοντας ότι ιοντίζονται ω mol/L αυτής:



Όμως, αφού γνωρίζουμε τον βαθμό ιοντισμού της B, μπορούμε να υπολογίσουμε το  $\omega$ :

$$\alpha_2 = \frac{\omega}{0,05} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-4} = \frac{\omega}{0,05} \Rightarrow \omega = 10^{-5}$$

Τώρα από την  $K_b$  μπορούμε να υπολογίσουμε το  $\varphi$ :

$$K_b = \frac{[HB^+][OH^-]}{[B]} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-5} \cdot (2,5\varphi + 10^{-5})}{0,05 - 10^{-5}} \Rightarrow \varphi = 0,04$$

(Εδώ έγιναν οι εξής προσεγγίσεις, που είναι ο κανόνας σε τέτοιες ασκήσεις:

- Στον παρονομαστή η διαφορά  $0,05 - 10^{-5} \approx 0,05$ , με τη λογική ότι η ποσότητα της βάσης που ιοντίζεται είναι αμελητέα σε σχέση με την αρχική ποσότητά της, αφενός διότι η βάση είναι ασθενής και αφετέρου διότι υπάρχει επίδραση κοινών ιόντων, των υδροξειδίων.

- Στον αριθμητή το άθροισμα  $2,5\varphi + 10^{-5} \approx 2,5\varphi$ , με τη λογική ότι τα υδροξείδια που προέρχονται από την ασθενή βάση B,  $10^{-5}$  M, είναι αμελητέα σε σχέση με τα υδροξείδια που προέρχονται από την ισχυρή,  $2,5\varphi$  M.)

Επομένως, στα 400 mL του Δ πρέπει να προστεθούν 0,04 mol NaOH.

Μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε το pH του τελικού διαλύματος:

$$[OH^-] = (2,5\varphi + \omega) M = (0,1 + 10^{-5}) M \approx 0,1 M \Rightarrow pOH = 1 \Rightarrow pH = 13$$

28

**5.** Αναμιγνύονται 2 L διαλύματος υδροχλωρίου (HCl) 0,25 M με 3 L διαλύματος αιθανικού οξέος (CH<sub>3</sub>COOH) 0,5 M. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού του ασθενούς οξέος στο διάλυμα αυτό. Η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του αιθανικού οξέος δίνεται  $10^{-5}$ .

Λύση

Η ανάμιξη των διαλυμάτων δεν συνοδεύεται από κάποια αντίδραση. Όμως, οι συγκεντρώσεις των δύο οξέων έχουν αλλάξει. Τις υπολογίζουμε στο διάλυμα που προκύπτει:

Το πρώτο διάλυμα περιείχε:  $n = c \cdot V = 0,25 \cdot 2 \text{ mol} = 0,5 \text{ mol HCl}$

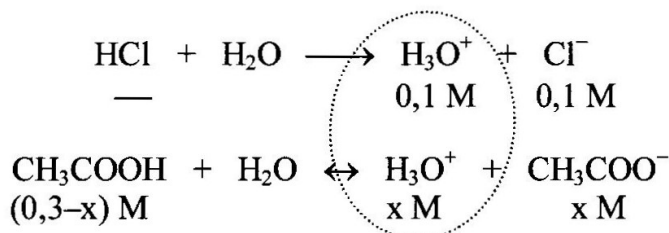
Το δεύτερο διάλυμα περιείχε:  $n = c \cdot V = 0,5 \cdot 3 \text{ mol} = 1,5 \text{ mol CH}_3\text{COOH}$

Οι ίδιες ποσότητες περιέχονται και στο νέο διάλυμα, ο όγκος του οποίου είναι 5 L. Συνεπώς, οι συγκεντρώσεις των δύο οξέων στο νέο διάλυμα είναι:

Για το HCl:  $c_1 = 0,1 \text{ M}$

Για το CH<sub>3</sub>COOH:  $c_2 = 0,3 \text{ M}$

Έχουμε άσκηση κοινού ιόντος. Γράφουμε τον ιοντισμό τόσο του ισχυρού όσο και του ασθενούς οξέος, υποθέτοντας ότι ιοντίζονται  $x \text{ mol/L}$  του ασθενούς:



Από την  $K_a$  μπορούμε να υπολογίσουμε το  $x$ :

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{(0,1 + x) \cdot x}{0,3 - x} \Rightarrow x = 3 \cdot 10^{-5}$$

Μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε το pH του διαλύματος:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = (0,1 + 3 \cdot 10^{-5}) \text{ M} \approx 0,1 \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 1$$

Μπορούμε επίσης να υπολογίσουμε τον βαθμό ιοντισμού του ασθενούς οξέος:

$$\alpha = \frac{x}{0,3} = \frac{3 \cdot 10^{-5}}{0,3} = 10^{-4}$$

**6.** Αναμιγνύονται 200 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου 0,05 M με 100 mL διαλύματος αιθανικού οξέος 0,1 M. Το διάλυμα που σχηματίζεται αραιώνεται με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 1 L. Να υπολογίσεις το pH του τελικού διαλύματος. Η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του αιθανικού οξέος δίνεται  $10^{-5}$ .

Λύση

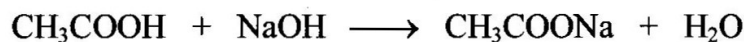
Οι ουσίες που περιέχονταν στα διαλύματα που αναμίχθηκαν αντιδρούν μεταξύ τους, αφού πρόκειται για οξύ και βάση.

Υπολογίζουμε τις ποσότητές τους στα αρχικά διαλύματα:

Το πρώτο διάλυμα περιείχε:  $n = c \cdot V = 0,05 \cdot 0,2 \text{ mol} = 0,01 \text{ mol NaOH}$

Το δεύτερο περιείχε:  $n = c \cdot V = 0,1 \cdot 0,1 \text{ mol} = 0,01 \text{ mol CH}_3\text{COOH}$

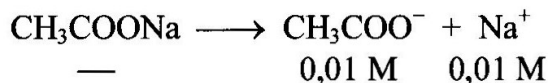
Με την ανάμιξη θα πραγματοποιηθεί η αντίδραση:



Από την αντίδραση βλέπουμε ότι θα αντιδράσει όλο το υδροξείδιο του νατρίου (0,01 mol) και όλο το αιθανικό οξύ (επίσης 0,01 mol) και θα παραχθούν 0,01 mol  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

Το τελικό διάλυμα λοιπόν περιέχει μόνο 0,01 mol  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Αφού ο όγκος του διαλύματος είναι 1 L, η συγκέντρωση του άλατος είναι 0,01 M.

Γράφουμε τη διάσταση του άλατος:

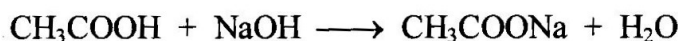
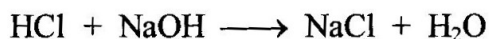


Τα ιόντα  $\text{Na}^+$  δεν αντιδρούν με το νερό.

Όμως, τα ιόντα  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  είναι βάση, η συζυγής βάση του  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

### Επισημάνση 3

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία των επόμενων αντιδράσεων:

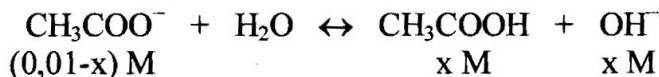


- για την πλήρη εξουδετέρωση 1 mol HCl (ισχυρό οξύ) απαιτείται 1 mol NaOH και
- για την πλήρη εξουδετέρωση 1 mol CH<sub>3</sub>COOH (ασθενές οξύ) απαιτείται επίσης 1 mol NaOH.

Δηλαδή δεν παίζει ρόλο το ότι το ένα οξύ είναι ισχυρό και το άλλο ασθενές.

Αυτό πού παίζει ρόλο; Απάντηση: Παίζει ρόλο στο αποτέλεσμα της εξουδετέρωσης. Στην πρώτη περίπτωση προκύπτει ουδέτερο διάλυμα (διότι περιέχει το άλας NaCl), ενώ στη δεύτερη περίπτωση προκύπτει αλκαλικό διάλυμα (διότι περιέχει το άλας CH<sub>3</sub>COONa).

Γράφουμε λοιπόν τον ιοντισμό αυτής της βάσης, υποθέτοντας ότι ιοντίζονται x mol/L:



Στην άσκηση δίνεται η K<sub>a</sub> του CH<sub>3</sub>COOH, εμείς όμως χρειαζόμαστε την K<sub>b</sub> της συζυγούς βάσης (CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>). Την υπολογίζουμε από τη σχέση που συνδέει τις σταθερές ιοντισμού δύο συζυγών:

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

Τώρα από την K<sub>b</sub> μπορούμε να υπολογίσουμε το x:

$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \Rightarrow 10^{-9} = \frac{x^2}{0,01 - x} \Rightarrow x = 10^{-5,5}$$

$$\text{Οπότε: } [\text{OH}^-] = 10^{-5,5} \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = 5,5 \Rightarrow \text{pH} = 8,5$$

**7.** Πόσα λίτρα διαλύματος χλωριούχου αμμωνίου (NH<sub>4</sub>Cl) 0,2 M πρέπει να αναμιχθούν με 3 L διαλύματος αμμωνίας (NH<sub>3</sub>) 0,1 M, για να προκύψει διάλυμα με pH=9; Η σταθερά ιοντισμού K<sub>b</sub> της αμμωνίας δίνεται ίση με 10<sup>-5</sup>.

Λύση

Έστω ότι προτίθενται φ L του πρώτου διαλύματος. Οι ουσίες που περιέχονται στα διαλύματα που αναμιγνύονται δεν αντιδρούν μεταξύ τους. Υπολογίζουμε τις ποσότητές τους στα αρχικά διαλύματα:

$$\text{Το πρώτο διάλυμα περιείχε: } n = c \cdot V = 0,2\varphi \text{ mol NH}_4\text{Cl}$$

Το δεύτερο διάλυμα περιείχε:  $n = c \cdot V = 0,1 \cdot 3 \text{ mol} = 0,3 \text{ mol NH}_3$

Οι ίδιες ποσότητες περιέχονται και στο νέο διάλυμα, ο όγκος του οποίου είναι  $(3+\varphi)$  L. Συνεπώς, οι συγκεντρώσεις των δύο ουσιών στο νέο διάλυμα είναι:

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{0,3}{3 + \varphi} \text{ M} \quad c_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{0,2\varphi}{3 + \varphi} \text{ M}$$

Το διάλυμα που έχει προκύψει είναι ρυθμιστικό, διότι περιέχει ένα ζεύγος συζυγών: Την ασθενή βάση  $\text{NH}_3$  και το συζυγές της οξύ  $\text{NH}_4^+$  (το οποίο προέρχεται από τη διάσπαση του άλατος  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

Επομένως, από την εξίσωση των Henderson-Hasselbalch μπορούμε να υπολογίσουμε το  $\varphi$  (αφού  $\text{pH}=9$ , γνωρίζουμε ότι  $[\text{OH}^-]=10^{-5} \text{ M}$ ):

$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= K_b \cdot \frac{c_\beta}{c_{\text{οξ}}} \Rightarrow 10^{-5} = 10^{-5} \cdot \frac{c_\beta}{c_{\text{οξ}}} \Rightarrow c_\beta = c_{\text{οξ}} \Rightarrow \frac{0,3}{3 + \varphi} = \frac{0,2\varphi}{3 + \varphi} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \varphi = 1,5 \end{aligned}$$

Άρα, με τα 3 L του διαλύματος αμμωνίας πρέπει να αναμιχθούν 1,5 L από το διάλυμα του χλωριούχου αμμωνίου.

**8.** Διαθέτουμε διάλυμα αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ) με συγκέντρωση 0,5 M και διάλυμα υδροχλωρίου ( $\text{HCl}$ ) με συγκέντρωση 0,1 M. Να υπολογίσεις με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιξούμε αυτά τα δύο διαλύματα, για να προκύψει διάλυμα με  $\text{pH}=10$ . Η σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της αμμωνίας δίνεται ίση με  $2 \cdot 10^{-5}$ .

Λύση

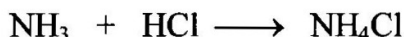
Έστω ότι αναμιγνύονται  $x$  L του πρώτου διαλύματος με  $\psi$  L του δεύτερου. Οι ουσίες που περιέχονται στα διαλύματα που αναμιγνύονται αντιδρούν μεταξύ τους, αφού πρόκειται για οξύ και βάση.

Υπολογίζουμε τις ποσότητές τους στα αρχικά διαλύματα:

Το πρώτο διάλυμα περιείχε:  $n = c \cdot V = 0,5x \text{ mol NH}_3$

Το δεύτερο διάλυμα περιείχε:  $n = c \cdot V = 0,1\psi \text{ mol HCl}$

Με την ανάμιξη θα πραγματοποιηθεί η αντίδραση:



Τώρα θέτουμε την ερώτηση: Θα μπορούσε το τελικό διάλυμα να έχει  $\text{pH}=10$ , αν οι ουσίες αντιδρούσαν και οι δύο πλήρως (δηλαδή αν  $0,5x=0,1\psi$ );

Απάντηση: Όχι (αν απαντούσαμε «ναι», όπως στην επόμενη άσκηση, θα είχαμε πρόβλημα διερεύνησης).

Όχι, διότι αν η αμμωνία και το υδροχλώριο αντιδρούσαν πλήρως και τα δύο, το διάλυμα που θα προέκυπτε (διάλυμα  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) θα ήταν όξινο. Εφόσον το διάλυμα αυτό θέλουμε να έχει  $\text{pH}=10$ , καταλαβαίνουμε ότι πρέπει να περισσέψει η βάση, η αμμωνία.

Συμπέρασμα: Θα αντιδράσει όλο το HCl (0,1ψ mol) με ισάριθμα mol NH<sub>3</sub>. Θα παραχθούν 0,1ψ mol NH<sub>4</sub>Cl και θα περισσέψουν (0,5x-0,1ψ) mol NH<sub>3</sub>. Αφού ο όγκος του τελικού διαλύματος είναι (x+ψ) L, οι συγκεντρώσεις των δύο συστατικών του είναι:

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{0,5x - 0,1\psi}{x + \psi} \text{ M} \quad c_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{0,1\psi}{x + \psi} \text{ M}$$

Το διάλυμα είναι ρυθμιστικό, διότι περιέχει ένα ζεύγος συζυγών: Την ασθενή βάση NH<sub>3</sub> και το συζυγές της οξύ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (το οποίο προέρχεται από τη διάσταση του άλατος NH<sub>4</sub>Cl).

Επομένως, από την εξίσωση των Henderson-Hasselbalch θα υπολογίσουμε τη σχέση μεταξύ x και ψ (αφού pH=10, γνωρίζουμε ότι [OH<sup>-</sup>]=10<sup>-4</sup> M):

$$\begin{aligned} [\text{OH}^-] &= K_b \cdot \frac{c_\beta}{c_{\text{oξ}}} \Rightarrow 10^{-4} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{c_\beta}{c_{\text{oξ}}} \Rightarrow c_{\text{oξ}} = 0,2c_\beta \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{0,1\psi}{x + \psi} = 0,2 \cdot \frac{0,5x - 0,1\psi}{x + \psi} \Rightarrow 0,6\psi = 0,5x \Rightarrow \frac{x}{\psi} = \frac{6}{5} \end{aligned}$$

Συνεπώς, τα διαλύματα πρέπει να αναμιχθούν με αναλογία όγκων 6:5.

**9.** Να υπολογίσεις πόσα λίτρα διαλύματος υδροχλωρίου 0,2 M πρέπει να αναμιχθούν με 3 L υδατικού διαλύματος αιθανικού νατρίου 0,1 M, για να προκύψει διάλυμα με pH=5. Η σταθερά ιοντισμού K<sub>a</sub> του αιθανικού οξέος δίνεται ίση με 2·10<sup>-5</sup>.

Λύση

Έστω ότι με τα 3 L του δεύτερου διαλύματος αναμιγνύονται x L του πρώτου.

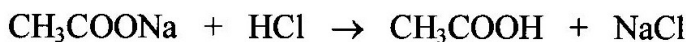
Οι ουσίες που περιέχονται στα διαλύματα που αναμιγνύονται αντιδρούν μεταξύ τους, αφού πρόκειται για ισχυρό οξύ και άλας ασθενούς οξέος (άλας με βασικές ιδιότητες).

Υπολογίζουμε λοιπόν τις ποσότητές τους στα αρχικά διαλύματα:

Το πρώτο διάλυμα περιέχει: n = c·V = 0,2x mol HCl

Το δεύτερο διάλυμα περιέχει: n = c·V = 0,1·3 mol = 0,3 mol CH<sub>3</sub>COONa

Με την ανάμιξη θα πραγματοποιηθεί η αντίδραση:



Τώρα θέτουμε την ερώτηση: Θα μπορούσε το τελικό διάλυμα να έχει pH=5, αν οι ουσίες αντιδρούσαν και οι δύο πλήρως (δηλαδή αν 0,2x=0,3);

Απάντηση: Ναι.

Ναι, διότι αν το αιθανικό νάτριο και το υδροχλώριο αντιδρούσαν πλήρως και τα δύο, το διάλυμα που θα προέκυπτε (διάλυμα CH<sub>3</sub>COOH και NaCl) θα ήταν όξινο, οπότε θα μπορούσε να έχει pH=5.

Έχουμε άσκηση διερεύνησης.

Θα εξετάσουμε πρώτα την ειδική περίπτωση να μην περισσεύει τίποτα. Θα εξετάσουμε δηλαδή πόσο θα ήταν το pH του τελικού διαλύματος, αν το αιθανικό νάτριο και το υδροχλώριο αντιδρούσαν πλήρως και τα δύο, δηλαδή αν  $0,2x=0,3$ .

- Αν το pH βγει 5, τελειώσαμε.
- Αν το pH δεν βγει 5, θα καταλάβουμε από την τιμή που θα βρούμε (όπως θα δεις στη λύση που ακολουθεί) ποια ουσία πρέπει να περισσέψει και ποια να εξαντληθεί. Έτσι, θα προχωρήσουμε στη λύση, γνωρίζοντας πλέον ποια ουσία περισσεύει.

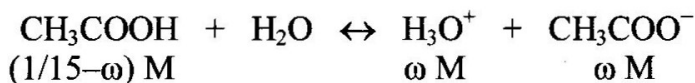
**A.** Έστω ότι  $0,2x=0,3 \Rightarrow x=1,5$ .

Στην περίπτωση αυτή το τελικό διάλυμα θα έχει όγκο 4,5 L και θα περιέχει 0,3 mol NaCl και 0,3 mol CH<sub>3</sub>COOH.

Συνεπώς, καθένα από τα συστατικά του θα έχει συγκέντρωση 1/15 M.

Το NaCl δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος.

Γράφουμε τον ιοντισμό του αιθανικού οξέος, θεωρώντας ότι ιοντίζονται  $\omega$  mol/L αυτού:



Από την  $K_a$  μπορούμε να υπολογίσουμε το  $\omega$ :

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-5} = \frac{\omega^2}{\frac{1}{15} - \omega} \Rightarrow \omega^2 = \frac{2}{15} \cdot 10^{-5}$$

Συμπεράσματα:

1. Το διάλυμα δεν έχει pH=5: Για να ήταν το pH=5, θα έπρεπε να βρούμε  $\omega=10^{-5}$ , οπότε  $\omega^2=10^{-10}$ .

2. Το τελικό διάλυμα είναι πολύ πιο όξινο από όσο θέλουμε: Το  $\omega^2$  το βρήκαμε πολύ πιο μεγάλο από την τιμή  $10^{-10}$ , η οποία αντιστοιχεί σε pH=5.

3. Άρα, για να μην είναι τόσο όξινο το τελικό διάλυμα, πρέπει να τελειώσει το υδροχλώριο και να περισσέψει το αιθανικό νάτριο (που έχει αλκαλικές ιδιότητες). Δηλαδή πρέπει να ισχύει  $0,2x < 0,3$ .

**B.** Ισχύει  $0,2x < 0,3$ .

Συνεπώς, θα αντιδράσει όλο το HCl (0,2x mol) με 0,2x mol CH<sub>3</sub>COONa. Θα παραχθούν 0,2x mol CH<sub>3</sub>COOH, 0,2x mol NaCl και θα περισσέψουν (0,3-0,2x) mol CH<sub>3</sub>COONa.

Εφόσον ο όγκος του τελικού διαλύματος είναι (3+x) L, οι συγκεντρώσεις των τριών συστατικών του είναι:

$$c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{0,2x}{3+x} \text{ M} \quad c_{\text{CH}_3\text{COONa}} = \frac{0,3-0,2x}{3+x} \text{ M} \quad c_{\text{NaCl}} = \frac{0,2x}{3+x} \text{ M}$$

Το διάλυμα που έχει προκύψει είναι ρυθμιστικό, αφού περιέχει ένα ζεύγος συζυγών: Το ασθενές οξύ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  και τη συζυγή του βάση  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  (η οποία προέρχεται από τη διάσταση του άλατος  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ). Η παρουσία του  $\text{NaCl}$  δεν επηρεάζει το pH του διαλύματος ούτε τις ρυθμιστικές ιδιότητές του.

Επομένως, από την εξίσωση των Henderson-Hasselbalch μπορούμε να υπολογίσουμε το x (αφού  $\text{pH}=5$ , γνωρίζουμε ότι  $[\text{H}_3\text{O}^+]=10^{-5} \text{ M}$ ):

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \cdot \frac{c_{\alpha\xi}}{c_{\beta}} \Rightarrow 10^{-5} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{c_{\alpha\xi}}{c_{\beta}} \Rightarrow c_{\beta} = 2c_{\alpha\xi} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{0,3 - 0,2x}{3 + x} = 2 \cdot \frac{0,2x}{3 + x} \Rightarrow x = 0,5$$

Για να προκύψει λοιπόν διάλυμα με  $\text{pH}=5$ , πρέπει να προστεθούν 0,5 L από το διάλυμα του υδροχλωρίου.

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 21

Το Δ είναι υδατικό διάλυμα του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος ΗΑ, με συγκέντρωση 0,2 Μ. Το Δ έχει pH=3.

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του ΗΑ, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού του στο παραπάνω διάλυμα.
2. Παίρνουμε 150 mL του Δ και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 1,5 L. Να υπολογίσεις το pH του αραιωμένου διαλύματος.
3. Σε 0,2 L του Δ διαλύουμε ακόμη 21,6 g ΗΑ, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος, οπότε το pH του Δ μεταβάλλεται κατά μισή μονάδα. Να υπολογίσεις τη σχετική μοριακή μάζα του ΗΑ.
4. Να υπολογίσεις τον όγκο του νερού που πρέπει να προστεθεί σε 50 mL του Δ, ώστε να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μία μονάδα.
5. Παίρνουμε 100 mL του Δ και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα Δ', όγκου 400 mL. Να υπολογίσεις τον λόγο  $\alpha_2:\alpha_1$ , όπου  $\alpha_2$  ο βαθμός ιοντισμού του ΗΑ στο Δ' και  $\alpha_1$  ο βαθμός ιοντισμού του στο Δ.
6. 125 mL του Δ αναμιγνύονται με 100 mL διαλύματος NaOH 0,25 Μ. Το διάλυμα που σχηματίζεται αραιώνεται με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 500 mL. Να υπολογίσεις το pH του τελικού διαλύματος.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 22

Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα αιθανικού οξέος ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) με συγκέντρωση 0,1 M και  $\text{pH}=3$ .

Το Δ2 είναι υδατικό διάλυμα μεθανικού οξέος ( $\text{HCOOH}$ ) με συγκέντρωση 1 M και  $\text{pH}=2$ .

1. Να υπολογίσεις τον βαθμό ιοντισμού καθενός οξέος στο διάλυμά του.
2. Ποιο από τα παραπάνω οξέα είναι ισχυρότερο; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
3. Παίρνουμε 200 mL του Δ2 και τα αραιώνουμε με νερό, ώστε να προκύψει διάλυμα όγκου 2 L. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του αραιωμένου διαλύματος.
4. Να υπολογίσεις πόσα mL νερού πρέπει να προσθέσουμε σε 30 mL του Δ2, ώστε στο αραιωμένο διάλυμα που θα προκύψει ο βαθμός ιοντισμού του οξέος να είναι τριπλάσιος από τον αρχικό.
5. Να υπολογίσεις πόσα mol αιθανικού οξέος πρέπει να προσθέσουμε σε 50 mL του Δ1, για να μεταβάλουμε το  $\text{pH}$  του διαλύματος κατά μισή μονάδα (θεωρούμε ότι η προσθήκη του οξέος δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος).
6. Σε 500 mL του Δ1 προσθέτουμε 1 g NaOH, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του διαλύματος που προκύπτει.  
Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, O=16, H=1.
7. Αναμιγνύουμε 100 mL του Δ2 με 200 mL ενός διαλύματος υδροξειδίου του καλίου (KOH) που έχει συγκέντρωση 0,5 M. Αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει, ώσπου να σχηματιστεί διάλυμα όγκου 1 L. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του τελικού διαλύματος.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

## ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 23

Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH), με συγκέντρωση 0,1 M.

Το Δ2 είναι υδατικό διάλυμα αιθανικού οξέος (CH<sub>3</sub>COOH), με συγκέντρωση 0,2 M. Ο βαθμός ιοντισμού του οξέος στο Δ2 είναι 1%.

1. Να υπολογίσεις το pH του Δ1.
2. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού K<sub>a</sub> του αιθανικού οξέος.
3. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 0,5 L του Δ1, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μία μονάδα.
4. Σε 30 mL του Δ2 προσθέτουμε νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 270 mL. Να υπολογίσεις τον βαθμό ιοντισμού του αιθανικού οξέος στο αραιωμένο διάλυμα.
5. 200 mL του Δ1 αναμιγνύονται με 150 mL του Δ2. Έτσι σχηματίζεται το διάλυμα Δ3. Χωρίζουμε το Δ3 σε δύο ίσα μέρη.
  - Το πρώτο μέρος αραιώνεται με νερό, ώσπου να σχηματιστεί το διάλυμα Δ4, όγκου 1 L.
  - Στο δεύτερο μέρος προσθέτουμε 0,2 g NaOH και το διάλυμα αραιώνεται με νερό, ώσπου να σχηματιστεί το διάλυμα Δ5, όγκου 750 mL. Να υπολογίσεις το pH τόσο του Δ4 όσο και του Δ5.
6. Να υπολογίσεις πόσα mL του Δ1 πρέπει να προστεθούν σε 300 mL του Δ2, ώστε να προκύψει διάλυμα με pH=4.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει K<sub>w</sub>=10<sup>-14</sup>.

37

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 24

Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα αιθανικού οξέος ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) με συγκέντρωση 0,5 M.

Το Δ2 είναι υδατικό διάλυμα αιθανικού καλίου ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ) με συγκέντρωση 0,2 M.

Το Δ3 είναι υδατικό διάλυμα υδροχλωρίου ( $\text{HCl}$ ) με συγκέντρωση 0,1 M.

Η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του αιθανικού οξέος δίνεται ίση με  $2 \cdot 10^{-5}$ .

1. Να υπολογίσεις το pH καθενός από τα διαλύματα Δ1, Δ2 και Δ3.

2. Αναμιγνύονται 50 mL του Δ1 με 250 mL του Δ2. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει. 38

3. Αναμιγνύονται 100 mL του Δ3 με 150 mL του Δ2. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.

4. Αναμιγνύονται 10 mL του Δ3 με 90 mL του Δ1. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.

5. Να υπολογίσεις πόσα mL του Δ1 πρέπει να αναμιχθούν με 400 mL του Δ2, για να προκύψει διάλυμα με  $\text{pH}=4$ .

6. Να υπολογίσεις πόσα mL του Δ3 πρέπει να αναμιχθούν με 210 mL του Δ2, για να προκύψει διάλυμα με  $\text{pH}=6$ .

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 25

Το Δ1 έχει όγκο 2 L και είναι υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) με περιεκτικότητα 0,4 % w/v.

Το Δ2 έχει όγκο 4 L, pH=3 και είναι υδατικό διάλυμα του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος HA, η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του οποίου είναι ίση με  $10^{-5}$ .

1. Να υπολογίσεις το pH του Δ1.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, O=16, H=1.

2. Να υπολογίσεις τη συγκέντρωση του Δ2.

3. Αναμιγνύουμε 1 L του Δ1 με 2 L του Δ2, οπότε σχηματίζεται το διάλυμα Δ3. Να υπολογίσεις το pH του Δ3.

4. Αναμιγνύουμε το υπόλοιπο 1 L του Δ1 με 1 L του Δ2 και αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει, ώσπου ο όγκος του να γίνει 10 L. Έτσι, σχηματίζεται το διάλυμα Δ4. Να υπολογίσεις το pH του Δ4.

5. Παίρνουμε 1 L του Δ3 και το αραιώνουμε με την προσθήκη 9 L νερού. Παίρνουμε επίσης 1 L του Δ4 και το αραιώνουμε με την προσθήκη 9 L νερού. Να υπολογίσεις πόσο θα μεταβληθεί το pH καθενός διαλύματος με την αραιώση. Πώς ερμηνεύεται η διαφορά;

6. Στο τελευταίο 1 L του Δ2 διαβιβάζουμε 2,24 L αερίου υδροχλωρίου (HCl), μετρημένα στις πρότυπες συνθήκες, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις:

α) το pH του διαλύματος που προκύπτει και

β) πόσες φορές ελαττώθηκε ο βαθμός ιοντισμού του ασθενούς οξέος με την προσθήκη του ισχυρού.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

39

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 26

Το Δ είναι υδατικό διάλυμα μεθυλαμίνης ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ), με συγκέντρωση 1 M. Η σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της μεθυλαμίνης δίνεται ίση με  $10^{-4}$ .

1. Να υπολογίσεις το pH του Δ.
2. Σε 200 mL του Δ προσθέτουμε 0,1 mol υδροχλωρίου (HCl), χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.
3. 100 mL του Δ αναμιγνύονται με 900 mL ενός διαλύματος υδροχλωρίου που έχει συγκέντρωση  $\frac{1}{9}$  M. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.
4. 400 mL του Δ αναμιγνύονται με 100 mL ενός διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) που έχει συγκέντρωση 0,5 M. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού της μεθυλαμίνης στο διάλυμα αυτό.
5. Διαθέτουμε διάλυμα υδροχλωρίου με συγκέντρωση 0,5 M (διάλυμα Δ'). Να υπολογίσεις με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιχθούν τα διαλύματα Δ και Δ', για να προκύψει διάλυμα με pH=11.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

40

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 27

Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH), με συγκέντρωση 0,1 M.

Το Δ2 είναι υδατικό διάλυμα αιθανικού οξέος (CH<sub>3</sub>COOH), με συγκέντρωση 0,5 M.

1. Να υπολογίσεις τα pH των διαλυμάτων Δ1 και Δ2. Η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του αιθανικού οξέος δίνεται ίση με  $2 \cdot 10^{-5}$ .

2. Παίρνουμε 10 mL του Δ1 και τα αραιώνουμε με νερό, ώστε να προκύψει διάλυμα όγκου 1 L. Παίρνουμε επίσης 10 mL του Δ2 και τα αραιώνουμε με νερό, ώστε να προκύψει διάλυμα όγκου 1 L. Να υπολογίσεις πόσο μεταβλήθηκε το pH καθενός διαλύματος με την αραιώση.

3. Να υπολογίσεις πόσα γραμμάρια υδροξειδίου του νατρίου πρέπει να προσθέσουμε σε 200 mL του Δ1, ώστε να μεταβάλουμε το pH του διαλύματος κατά μία μονάδα. Θεωρούμε ότι η προσθήκη του NaOH δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, O=16, H=1.

4. Να υπολογίσεις πόσα mL του Δ1 πρέπει να προσθέσουμε σε 300 mL του Δ2, για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με pH=5.

5. Παίρνουμε 40 mL από το Δ2 και τα αραιώνουμε με νερό, ώστε να σχηματιστεί το διάλυμα Δ3 όγκου 600 mL.

Παίρνουμε 200 mL από το Δ1 και τα αραιώνουμε με νερό, ώστε να σχηματιστεί το διάλυμα Δ4 όγκου 400 mL.

Αναμιγνύουμε τα Δ3 και Δ4, οπότε σχηματίζεται το διάλυμα Δ5.

Να υπολογίσεις το pH του Δ5.

6. Να υπολογίσεις πόσα mol HCl πρέπει να προσθέσουμε σε 300 mL του Δ5, για να προκύψει διάλυμα με pH=5. Η προσθήκη του HCl δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

41

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 28

Το Δ είναι υδατικό διάλυμα αιθανικού νατρίου ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) με συγκέντρωση 0,2 M. Το Δ έχει  $\text{pH}=9$ .

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του αιθανικού οξέος.
2. Παίρνουμε 200 mL του Δ και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 2 L. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του αραιωμένου διαλύματος.
3. Να υπολογίσεις πόσα mol αιθανικού νατρίου πρέπει να προσθέσουμε σε 250 mL του Δ, ώστε να μεταβάλουμε το  $\text{pH}$  του διαλύματος κατά μισή μονάδα (θεωρούμε ότι η προσθήκη του άλατος δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος).
4. Σε 3 L του Δ προστίθενται 200 mL ενός διαλύματος υδροχλωρίου ( $\text{HCl}$ ) που έχει  $\text{pH}=0$ . Παίρνουμε 800 mL από το διάλυμα που προκύπτει και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει το διάλυμα Δ1, όγκου 2 L. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του Δ1.
5. Αναμιγνύουμε 500 mL του Δ με 400 mL ενός διαλύματος υδροχλωρίου 0,5 M. Αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει και σχηματίζεται το διάλυμα Δ2, όγκου 1 L. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του Δ2.
6. Στο εργαστήριο διαθέτουμε ένα διάλυμα  $\text{NaOH}$  (διάλυμα Δ3) και ένα διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (διάλυμα Δ4). Για να παρασκευάσουμε 1 L του Δ χρησιμοποιώντας αυτά τα διαλύματα, εργαστήκαμε ως εξής: Αναμίξαμε 200 mL του Δ3 με 400 mL του Δ4 και αραιώσαμε το διάλυμα που προέκυψε σε όγκο 1 L. Έτσι, πήραμε 1 L του Δ. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  τόσο του Δ3 όσο και του Δ4.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

42

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 29

Το Δ είναι υδατικό διάλυμα μεθυλαμίνης ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ) με συγκέντρωση 1 M. Το Δ έχει  $\text{pH}=12$ .

1. Να υπολογίσεις τον βαθμό ιοντισμού της μεθυλαμίνης στο Δ, καθώς και τη σταθερά ιοντισμού  $K_b$  αυτής.
2. Να υπολογίσεις τον όγκο του νερού που πρέπει να προστεθεί σε 200 mL του Δ, ώστε να προκύψει διάλυμα στο οποίο ο βαθμός ιοντισμού της μεθυλαμίνης θα είναι διπλάσιος από τον βαθμό ιοντισμού της στο Δ.
3. 300 mL του Δ αναμιγνύονται με 150 mL ενός διαλύματος υδροχλωρίου (HCl) που έχει  $\text{pH}=0$ . Το διάλυμα που σχηματίζεται αραιώνεται με νερό, ώσπου ο όγκος του να γίνει 0,5 L. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του τελικού διαλύματος.
4. 2,24 L αερίου υδροχλωρίου, μετρημένα στις πρότυπες συνθήκες, διαβιβάζονται σε 100 mL του Δ. Το διάλυμα που προκύπτει αραιώνεται, ώσπου ο όγκος του να γίνει 1 L. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του τελικού διαλύματος.
5. 200 mL του Δ αναμιγνύονται με 50 mL ενός διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) που έχει  $\text{pH}=14$ . Το διάλυμα που προκύπτει αραιώνεται, ώσπου ο όγκος του να γίνει 500 mL. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του τελικού διαλύματος, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού της μεθυλαμίνης στο διάλυμα αυτό.

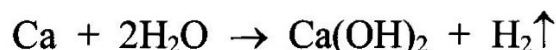
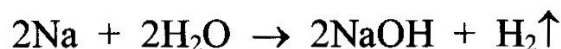
Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

43

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 30

I. Σε ορισμένη ποσότητα νερού προσθέτουμε 0,46 g νατρίου και 0,6 g ασβεστίου, οπότε πραγματοποιούνται οι επόμενες αντιδράσεις απλής αντικατάστασης:



1. Να υπολογίσεις τον όγκο στις πρότυπες συνθήκες του αερίου που εκλύεται. Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, Ca=40.
2. Παίρνουμε το ένα δέκατο του διαλύματος που σχηματίστηκε και το αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 50 mL.
  - α) Να υπολογίσεις το pH αυτού του διαλύματος.
  - β) Να υπολογίσεις πόσα mol υδροχλωρίου (HCl) απαιτούνται για την 44 πλήρη εξουδετέρωση αυτού του διαλύματος.
  - γ) Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος μετά την εξουδετέρωση (θεωρούμε ότι η προσθήκη του HCl δεν μετέβαλε τον όγκο του διαλύματος).

II. Η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος HA είναι ίση με  $10^{-6}$ .

1. Διαθέτουμε υδατικό διάλυμα του οξέος HA με συγκέντρωση 1 M. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού του HA στο διάλυμα αυτό.
2. Σε ορισμένο όγκο του παραπάνω διαλύματος του HA προσθέτουμε ορισμένη ποσότητα του ισχυρού οξέος HB, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Η προσθήκη του ισχυρού οξέος έχει ως αποτέλεσμα να ελαττωθεί ο βαθμός ιοντισμού του οξέος HA στο ένα εκατοστό του αρχικού. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προέκυψε μετά την προσθήκη του ισχυρού οξέος.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 31

Διαλύουμε 6 g του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος HA σε νερό, οπότε σχηματίζεται το διάλυμα Δ, όγκου 1 L, το οποίο έχει pH=3. Η σταθερά ιοντισμού του HA είναι  $K_a=10^{-5}$ .

1. Να υπολογίσεις τη σχετική μοριακή μάζα του οξέος HA.
2. Να υπολογίσεις τον βαθμό ιοντισμού του HA στο Δ.
3. Σε 200 mL του Δ προστίθεται νερό, οπότε προκύπτει διάλυμα όγκου 2 L. Να υπολογίσεις το pH του νέου διαλύματος.
4. Να υπολογίσεις πόσα γραμμάρια HA πρέπει να προστεθούν σε 300 mL του Δ, ώστε να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μισή μονάδα. Θεωρούμε ότι η προσθήκη του HA δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.
5. Αναμιγνύονται 200 mL του Δ με 100 mL διαλύματος KOH 0,1 M. Παίρνουμε 150 mL από το διάλυμα που σχηματίζεται και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να σχηματιστεί διάλυμα όγκου 500 mL. Να υπολογίσεις το pH του τελικού διαλύματος.
6. Σε 200 mL του Δ προσθέτουμε 0,8 g NaOH. Στη συνέχεια αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει, ώσπου να σχηματιστεί διάλυμα όγκου 2 L. Να υπολογίσεις το pH του τελικού διαλύματος.  
Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, O=16, H=1.
7. Να υπολογίσεις πόσα mol υδροχλωρίου (HCl) πρέπει να προστεθούν σε 100 mL του Δ, ώστε να ελαττωθεί ο βαθμός ιοντισμού του HA στο ένα εκατοστό του αρχικού. Θεωρούμε ότι η προσθήκη του υδροχλωρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

45

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 32

Το διάλυμα Δ έχει όγκο 2 L και περιέχει 0,2 mol του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος HA και 0,2 mol του άλατος NaA. Το Δ έχει pH=6.

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του οξέος HA.
2. Παίρνουμε 10 mL του Δ και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει το διάλυμα Δ1, όγκου 100 mL. Να υπολογίσεις το pH του Δ1.
3. Αναμιγνύουμε 100 mL του Δ με 50 mL διαλύματος υδροβρωμίου (HBr) 0,1 M. Προκύπτει έτσι το διάλυμα Δ2, όγκου 150 mL. Να υπολογίσεις την  $[H_3O^+]$  στο Δ2.
4. Αναμιγνύουμε 200 mL του Δ με 200 mL διαλύματος υδροβρωμίου (HBr) 0,1 M. Προκύπτει έτσι το διάλυμα Δ3, όγκου 400 mL. Να υπολογίσεις το pH του Δ3.
5. Αναμιγνύουμε 300 mL του Δ με 150 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 0,1 M. Προκύπτει έτσι το διάλυμα Δ4, όγκου 450 mL. Να υπολογίσεις την  $[H_3O^+]$  στο Δ4.
6. Αναμιγνύουμε 500 mL του Δ με 500 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 0,1 M. Προκύπτει έτσι το διάλυμα Δ5, όγκου 1 L. Να υπολογίσεις το pH του Δ5.
7. Να υπολογίσεις πόσα mL διαλύματος υδροχλωρίου (HCl) 0,1 M πρέπει να προστεθούν σε 110 mL του Δ, για να προκύψει διάλυμα με pH=5.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

46

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 33

Το Δ είναι ρυθμιστικό διάλυμα με  $\text{pH}=9$ .

Το Δ περιέχει αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) με συγκέντρωση  $0,1 \text{ M}$  και βρωμιούχο αμμώνιο ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ) με συγκέντρωση  $x \text{ M}$ .

Η σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της αμμωνίας είναι ίση με  $2 \cdot 10^{-5}$ .

1. Να υπολογίσεις το  $x$ .
2. Σε  $500 \text{ mL}$  του Δ προσθέτουμε  $0,02 \text{ mol}$  υδροχλωρίου ( $\text{HCl}$ ), χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις την  $[\text{OH}^-]$  στο διάλυμα που προκύπτει.
3. Σε  $500 \text{ mL}$  του Δ προσθέτουμε  $0,05 \text{ mol}$  υδροχλωρίου, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις την  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  στο διάλυμα που προκύπτει.
4. Σε  $500 \text{ mL}$  του Δ προσθέτουμε  $0,02 \text{ mol}$  υδροξειδίου του νατρίου ( $\text{NaOH}$ ), χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις την  $[\text{OH}^-]$  στο διάλυμα που προκύπτει.
5. Σε  $500 \text{ mL}$  του Δ προσθέτουμε  $0,1 \text{ mol}$  υδροξειδίου του νατρίου, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις την  $[\text{OH}^-]$  στο διάλυμα που προκύπτει.
6. Να υπολογίσεις πόσα  $\text{mol}$  υδροχλωρίου πρέπει να προσθέσουμε σε  $210 \text{ mL}$  του Δ, για να μεταβληθεί το  $\text{pH}$  του διαλύματος κατά μία μονάδα.
7. Να υπολογίσεις πόσα  $\text{mol}$  υδροξειδίου του νατρίου πρέπει να προσθέσουμε σε  $300 \text{ mL}$  του Δ, για να μεταβληθεί το  $\text{pH}$  του διαλύματος κατά μία μονάδα.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

47

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 34

Βάζουμε σε κωνική φιάλη 30 mL ενός διαλύματος του μονοπρωτικού οξέος HA, το οποίο έχει συγκέντρωση  $x$  M, και ογκομετρούμε το διάλυμα με πρότυπο διάλυμα NaOH, το οποίο έχει συγκέντρωση 0,1 M. Η καμπύλη της ογκομέτρησης φαίνεται στο σχήμα.

1. Πρόκειται για οξυμετρία ή για αλκαλιμετρία; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

2. Το HA είναι ασθενές οξύ ή ισχυρό; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

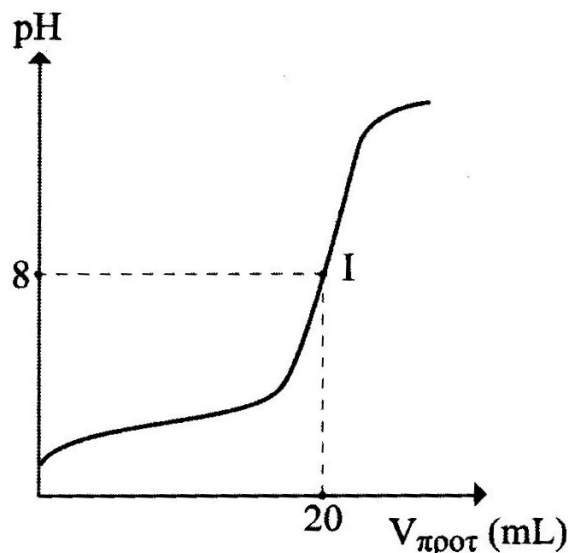
3. Να υπολογίσεις το  $x$ .

4. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του HA.

5. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος στην κωνική φιάλη τη στιγμή που είχαν προστεθεί 16 mL από το πρότυπο διάλυμα.

6. Η φιάλη Φ1 περιέχει 30 mL από το αρχικό διάλυμα του οξέος HA και η φιάλη Φ2 περιέχει 30 mL ενός διαλύματος υδροχλωρίου (HCl) που έχει το ίδιο pH με το διάλυμα του HA. Όπως είδαμε από την καμπύλη της ογκομέτρησης, για την εξουδετέρωση του διαλύματος που περιέχεται στην Φ1 απαιτούνται 20 mL από το πρότυπο διάλυμα. Για την εξουδετέρωση του διαλύματος που περιέχεται στην Φ2 θα απαιτηθεί ο ίδιος όγκος από το πρότυπο διάλυμα ή όχι; Αν όχι, θα απαιτηθεί περισσότερος ή λιγότερος; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .



ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 35

Διαλύουμε 0,68 g αμμωνίας (NH<sub>3</sub>) σε νερό και παίρνουμε διάλυμα Δ, όγκου 400 mL, το οποίο έχει pH=11.

1. Να υπολογίσεις τον βαθμό ιοντισμού της αμμωνίας στο Δ, καθώς και τη σταθερά ιοντισμού K<sub>b</sub> αυτής.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: N=14, H=1.

2. Να υπολογίσεις πόσα mL νερού πρέπει να προστεθούν σε 40 mL του Δ, ώστε ο βαθμός ιοντισμού της αμμωνίας στο διάλυμα που θα προκύψει να είναι τριπλάσιος από τον αρχικό.

3. Σε άλλα 50 mL του Δ προσθέτουμε 0,005 mol υδροχλωρίου (HCl), χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.

4. Άλλα 50 mL του Δ αναμιγνύονται με 25 mL διαλύματος υδροχλωρίου 0,1 M. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.

5. Να υπολογίσεις πόσα mol υδροχλωρίου πρέπει να προσθέσουμε σε άλλα 110 mL του Δ, ώστε να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μία μονάδα. Θεωρούμε ότι η προσθήκη του υδροχλωρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

6. Τα τελευταία 150 mL του Δ αναμιγνύονται με 30 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 0,25 M. Το διάλυμα που σχηματίζεται αραιώνεται με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα Δ', όγκου 750 mL. Να υπολογίσεις το pH του Δ', καθώς και τον βαθμό ιοντισμού της αμμωνίας στο διάλυμα αυτό.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει K<sub>w</sub>=10<sup>-14</sup>.

49

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 36

Για τα τέσσερα ασθενή οξέα HA, HB, HG και HD δίνονται τα εξής:

- Ο βαθμός ιοντισμού του HA σε διάλυμά του με συγκέντρωση 0,05 M είναι ίσος με 2%.
- Διάλυμα του HB με συγκέντρωση 0,06 M έχει pH=2.
- Σε διάλυμα του HG με συγκέντρωση 0,1 M η συγκέντρωση των μορίων του οξέος που δεν έχουν ιοντιστεί είναι ίση με τη συγκέντρωση των ανιόντων του οξέος.
- Ο βαθμός ιοντισμού του HD σε διάλυμά του με pH=1 είναι ίσος με δύο τρίτα.

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  καθενός από τα τέσσερα οξέα που αναφέρονται παραπάνω.

50

2. Σε 900 mL νερού προσθέτουμε σιγά σιγά ποσότητα από το παραπάνω διάλυμα του HA, μετρώντας συνεχώς το pH του διαλύματος που σχηματίζεται. Πόσος όγκος από το διάλυμα του HA έχει προστεθεί στο νερό, τη στιγμή που το διάλυμα που σχηματίζεται έχει pH=3,5;

3. 100 mL από το διάλυμα του οξέος HB αναμιγνύονται με 200 mL ενός διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) με συγκέντρωση 0,03 M. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.

4. Παίρνουμε  $\varphi$  mL από το διάλυμα του οξέος HG και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να σχηματιστεί διάλυμα όγκου 1000 mL. Μετράμε το pH του αραιωμένου διαλύματος και το βρίσκουμε 2. Να υπολογίσεις το  $\varphi$ .

5. Σε 200 mL του διαλύματος του HD προσθέτουμε επιπλέον  $\omega$  mol HD, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Στο διάλυμα που προκύπτει ο βαθμός ιοντισμού του HD είναι ο μισός από τον βαθμό ιοντισμού του στο αρχικό διάλυμα. Να υπολογίσεις το  $\omega$ .

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

## ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 37

Το Δ είναι υδατικό διάλυμα του μονοπρωτικού οξέος ΗΑ.  
Το Δ έχει pH=2.

1. Παίρνουμε 10 mL του Δ και τα αραιώνουμε με νερό, ώστε να προκύψει διάλυμα όγκου 100 mL. Μετράμε το pH του αραιωμένου διαλύματος και το βρίσκουμε 3. Να δείξεις ότι το ΗΑ είναι ισχυρό οξύ.

2. Αναμιγνύονται 200 mL του Δ με 200 mL διαλύματος αμμωνίας (NH<sub>3</sub>) 0,02 M. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που σχηματίζεται. Η σταθερά ιοντισμού K<sub>b</sub> της αμμωνίας δίνεται ίση με 10<sup>-5</sup>.

3. Να υπολογίσεις πόσα γραμμάρια στερεού υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) πρέπει να προστεθούν σε 100 mL του Δ, για να προκύψει διάλυμα με pH=12. Η προσθήκη του υδροξειδίου του νατρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, O=16, H=1.

4. Σε 1 L του Δ διοχετεύονται 224 mL αέριας αμμωνίας, μετρημένα στις πρότυπες συνθήκες. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει. Η προσθήκη της αμμωνίας δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

5. Διαθέτουμε 150 mL διαλύματος αμμωνίας με συγκέντρωση 0,1 M. Με πόσα mL του Δ πρέπει να αναμιχθεί αυτό το διάλυμα της αμμωνίας, ώστε να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με pH=9;

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει K<sub>w</sub>=10<sup>-14</sup>.

51

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 38

Διαλύουμε σε νερό 30 g αιθανικού οξέος ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), οπότε προκύπτει διάλυμα Δ, όγκου 5 L. Μετράμε το pH του Δ και το βρίσκουμε 3. Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: C=12, O=16, H=1.

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του αιθανικού οξέος, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού του στο Δ.
2. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 200 mL του Δ, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μισή μονάδα.
3. Να υπολογίσεις πόσα γραμμάρια αιθανικού οξέος πρέπει να προστεθούν σε 100 mL του Δ, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μισή μονάδα. Θεωρούμε πως η προσθήκη του οξέος δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.
4. Σε 200 mL του Δ προσθέτουμε 100 mL ενός διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου ( $\text{NaOH}$ ) που έχει pH=13. Το διάλυμα που σχηματίζεται αραιώνεται με νερό, ώσπου ο όγκος του να γίνει 500 mL. Να υπολογίσεις το pH του τελικού διαλύματος.
5. Σε 200 mL του Δ προσθέτουμε 0,02 mol  $\text{KOH}$  και αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει, ώσπου ο όγκος του να γίνει 2 L. Να υπολογίσεις το pH του τελικού διαλύματος.
6. Σε 100 mL του Δ προσθέτουμε 0,02 mol  $\text{NaOH}$ . Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει (η προσθήκη του  $\text{NaOH}$  δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος).
7. Αναμιγνύουμε 300 mL του Δ με 300 mL ενός διαλύματος αιθανικού νατρίου ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) που έχει pH=9. Αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει, ώστε να αποκτήσει όγκο 2 L.
  - α) Να υπολογίσεις το pH του τελικού διαλύματος.
  - β) Παίρνουμε 1,1 L από το διάλυμα αυτό. Να υπολογίσεις πόσα mol  $\text{NaOH}$  πρέπει να προσθέσουμε, για να μεταβάλουμε το pH του διαλύματος κατά μία μονάδα.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 39

Το Δ1 είναι διάλυμα αμμωνίας (NH<sub>3</sub>) με συγκέντρωση 0,05 M.  
Το Δ2 είναι διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου (NH<sub>4</sub>Cl) με συγκέντρωση 0,2 M.

Δίνεται η σταθερά ιοντισμού της αμμωνίας:  $K_b = 2 \cdot 10^{-5}$ .

1. Να υπολογίσεις το pH του Δ1 και του Δ2.
2. Σε 200 mL του Δ1 διοχετεύουμε 2,016 L αέριας αμμωνίας, μετρημένα στις πρότυπες συνθήκες. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει. Θεωρούμε ότι η προσθήκη της αέριας αμμωνίας δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.
3. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 50 mL του Δ2, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μισή μονάδα.
4. Αναμιγνύουμε 2 L του Δ1 με 1 L του Δ2. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.
5. Να υπολογίσεις πόσα mol υδροχλωρίου (HCl) πρέπει να προστεθούν σε 300 mL του Δ1, ώστε το pH του διαλύματος να μεταβληθεί κατά μία μονάδα. Η προσθήκη του υδροχλωρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.
6. Να υπολογίσεις πόσα mL του Δ1 πρέπει να αναμιχθούν με 1 L του Δ2, για να προκύψει ουδέτερο διάλυμα.
7. Να υπολογίσεις πόσα mL ενός διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) με συγκέντρωση 0,01 M πρέπει να αναμιχθούν με 30 mL του Δ2, για να προκύψει διάλυμα με pH=9.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w = 10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 40

Διαθέτουμε ένα δείγμα ακάθαρτου υδροξειδίου του νατρίου (NaOH). Γνωρίζουμε ότι οι προσμίξεις δεν εμφανίζουν αλκαλικές ιδιότητες. Για να βρούμε λοιπόν πόση είναι η περιεκτικότητα του δείγματος σε καθαρό υδροξείδιο του νατρίου, εργαζόμαστε ως εξής:

Διαλύουμε 5 g του δείγματος σε νερό, οπότε προκύπτει διάλυμα όγκου 100 mL. Παίρνουμε 20 mL αυτού του διαλύματος και ογκομετρούμε με πρότυπο διάλυμα υδροχλωρίου (HCl) 0,1 M. Η καμπύλη της ογκομέτρησης φαίνεται στο σχήμα.

1. Πρόκειται για οξυμετρία ή αλκαλιμετρία; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

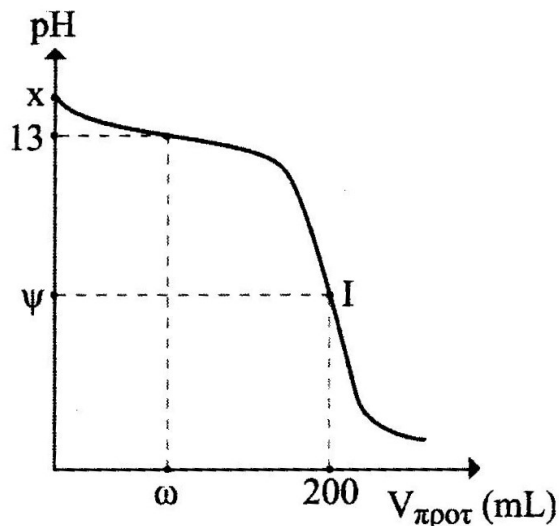
2. Να υπολογίσεις τα γραμμάρια του καθαρού υδροξειδίου του νατρίου που περιέχονταν στα 5 g του δείγματος.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, O=16 και H=1.

3. Να υπολογίσεις το  $x$ , δηλαδή το αρχικό pH του διαλύματος που ογκομετρήθηκε, και το  $\psi$ , δηλαδή το pH του διαλύματος στο ισοδύναμο σημείο.

4. Να υπολογίσεις το  $\omega$ , δηλαδή πόσος όγκος είχε προστεθεί από το πρότυπο διάλυμα τη στιγμή που το pH στο ογκομετρούμενο διάλυμα ήταν 13.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .



ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 41

Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα του μονοπρωτικού οξέος ΗΑ, με συγκέντρωση  $x$  Μ και pH ίσο με  $\psi$ .

Το Δ2 είναι υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου (ΚΟΗ) που έχει pH=12.

Το Δ3 είναι υδατικό διάλυμα μεθυλαμίνης ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ), με περιεκτικότητα 0,62% w/v.

Δίνεται η σταθερά ιοντισμού της μεθυλαμίνης:  $K_b = 5 \cdot 10^{-4}$ .

Δίνονται επίσης οι σχετικές ατομικές μάζες: C=12, N=14, H=1.

Διαπιστώνουμε πειραματικά τα εξής:

- Για την εξουδετέρωση ορισμένου όγκου του Δ1 καταναλώνεται δεκαπλάσιος όγκος από το Δ2.

- Αν σε ορισμένο όγκο του Δ1 προστεθεί ποσότητα του άλατος NaA (χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος), το pH του διαλύματος παραμένει  $\psi$ .

1. Το ΗΑ είναι ισχυρό ή ασθενές οξύ; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

2. Να υπολογίσεις τη συγκέντρωση του Δ2.

3. Να υπολογίσεις το  $x$ .

4. Να υπολογίσεις το  $\psi$ .

5. Σε 200 mL του Δ3 προσθέτουμε  $\varphi$  mL του Δ1, οπότε το οξύ και η βάση εξουδετερώνονται πλήρως. Προκύπτει έτσι το διάλυμα Δ4, όγκου  $(200+\varphi)$  mL.

α) Να υπολογίσεις το  $\varphi$ .

β) Αραιώνουμε το Δ4 με προσθήκη νερού, ώσπου ο όγκος του να γίνει 800 mL. Να υπολογίσεις το pH του αραιωμένου διαλύματος.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 42

Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα του μονοπρωτικού οξέος ΗΑ.  
Το Δ2 είναι υδατικό διάλυμα του μονοπρωτικού οξέος ΗΒ.  
Τόσο το Δ1 όσο και το Δ2 έχουν  $\text{pH}=3$ .

1. Παίρνουμε 10 mL του Δ1 και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 100 mL. Μετράμε το  $\text{pH}$  του αραιωμένου διαλύματος και το βρίσκουμε 3,5.

Παίρνουμε 10 mL του Δ2 και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 100 mL. Μετράμε το  $\text{pH}$  του αραιωμένου διαλύματος και το βρίσκουμε 4.

Να δείξεις ότι το ΗΑ είναι ασθενές οξύ, ενώ το ΗΒ ισχυρό.

2. Για την εξουδετέρωση 200 mL του Δ2 απαιτούνται 20 mL ενός διαλύματος NaOH (διάλυμα Δ3), ενώ για την εξουδετέρωση 200 mL του Δ1 απαιτούνται 2 L από το ίδιο διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου.

α) Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του Δ3.

β) Να υπολογίσεις τη συγκέντρωση του Δ1.

γ) Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του οξέος ΗΑ.

3. Αναμιγνύουμε 1 L του Δ1 με 5 L του Δ3. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του διαλύματος που σχηματίζεται.

4. Να υπολογίσεις με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιχθούν τα διαλύματα Δ2 και Δ3, για να προκύψει διάλυμα με  $\text{pH}=11$ .

5. Σε 400 mL του Δ1 προσθέτουμε 1,6 g NaOH, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του διαλύματος που προκύπτει.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, O=16, H=1.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

56

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

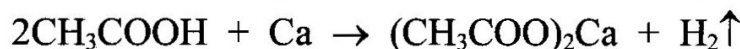
# 43

Το Δ είναι διάλυμα αιθανικού οξέος (CH<sub>3</sub>COOH) με περιεκτικότητα 3% w/v.

Δίνεται η σταθερά ιοντισμού του αιθανικού οξέος:  $K_a = 2 \cdot 10^{-5}$ .

Δίνονται επίσης οι σχετικές ατομικές μάζες: C=12, O=16, H=1.

1. Να υπολογίσεις το pH του Δ.
2. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 200 mL του Δ, για να τριπλασιαστεί ο βαθμός ιοντισμού του οξέος.
3. Σε 100 mL του Δ διαλύουμε ακόμη 1,8 g αιθανικού οξέος. Να υπολογίσεις την [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] στο διάλυμα που προκύπτει.
4. Σε 600 mL του Δ προστίθενται 0,1 mol ασβεστίου, οπότε πραγματοποιείται η παρακάτω αντίδραση απλής αντικατάστασης:



Έτσι, εκλύεται αέριο υδρογόνο και σχηματίζεται το διάλυμα Δ1.

- α) Να υπολογίσεις τον όγκο στις πρότυπες συνθήκες του υδρογόνου που παράχθηκε.
- β) Να υπολογίσεις το pH του Δ1.
- γ) Αν το Δ1 αραιωθεί με την προσθήκη 600 mL νερού, το pH του θα αυξηθεί, θα ελαττωθεί ή δεν θα μεταβληθεί; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

5. Στο Δ1 προσθέτουμε ακόμη 0,05 mol ασβεστίου και αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει το διάλυμα Δ2, όγκου 1,5 L. Να υπολογίσεις το pH του Δ2.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w = 10^{-14}$ .

57

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 44

Βάζουμε σε κωνική φιάλη 10 mL ενός διαλύματος του μονοπρωτικού οξέος ΗΑ και ογκομετρούμε με πρότυπο διάλυμα υδροξειδίου του καλίου (ΚΟΗ), το οποίο έχει συγκέντρωση  $\frac{1}{9}$  M. Η καμπύλη της ογκομέτρησης φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

1. Πρόκειται για οξυμετρία ή αλκαλιμετρία; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

2. Να υπολογίσεις τη συγκέντρωση του διαλύματος του οξέος.

3. Να εξετάσεις αν το οξύ ΗΑ είναι ασθενές ή ισχυρό. Αν είναι ασθενές, να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  αυτού.

4. Διαθέτουμε τους παρακάτω τρεις δείκτες:

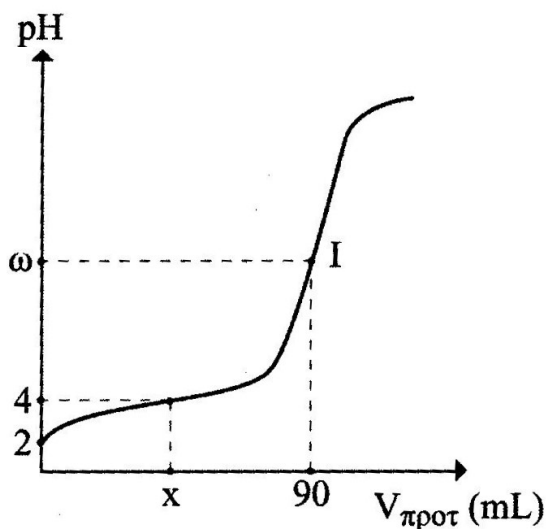
- κόκκινο του μεθυλίου, με ζώνη αλλαγής 4,8 – 6,0
- μπλε της θυμόλης, με ζώνη αλλαγής 7,8 – 9,6
- κίτρινο της αλιζαρίνης, με ζώνη αλλαγής 10,1 – 12,0

Ποιος από τους τρεις είναι ο πλέον κατάλληλος για την παραπάνω ογκομέτρηση; Γιατί;

5. Αν, αντί για τον κατάλληλο δείκτη, είχαμε χρησιμοποιήσει το κόκκινο του μεθυλίου, δεν θα βρίσκαμε την «πραγματική» τιμή της συγκέντρωσης του διαλύματος του ΗΑ, την οποία υπολόγισες στο 2<sup>ο</sup> ερώτημα. Θα βρίσκαμε πιο μικρή ή πιο μεγάλη τιμή από την «πραγματική»; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

6. Να υπολογίσεις το x.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .



ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 45

Το Δ είναι υδατικό διάλυμα με  $\text{pH}=13$ . Το Δ περιέχει αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) με συγκέντρωση 1 M και υδροξείδιο του νατρίου ( $\text{NaOH}$ ) με συγκέντρωση  $x$  M. Ο βαθμός ιοντισμού της αμμωνίας στο Δ είναι  $2 \cdot 10^{-4}$ .

1. Να υπολογίσεις το  $x$ , καθώς και τη σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της αμμωνίας.

2. Σε 500 mL του Δ προσθέτουμε  $\omega$  mol  $\text{NaOH}$ , με αποτέλεσμα ο βαθμός ιοντισμού της αμμωνίας να μειωθεί στο μισό του αρχικού. Να υπολογίσεις το  $\omega$ .

3. Σε 100 mL του Δ προσθέτουμε 3,6 g  $\text{NaOH}$ , χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του διαλύματος που σχηματίζεται και τον βαθμό ιοντισμού της αμμωνίας στο διάλυμα αυτό.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες:  $\text{Na}=23$ ,  $\text{O}=16$ ,  $\text{H}=1$ .

4. Αναμιγνύουμε 200 mL του Δ με 200 mL ενός διαλύματος υδροχλωρίου ( $\text{HCl}$ ) που έχει συγκέντρωση 1,1 M. Αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει, ώσπου ο όγκος του να γίνει 1 L. Παίρνουμε έτσι το διάλυμα Δ1.

α) Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του Δ1.

β) Να υπολογίσεις πόσα mol υδροξειδίου του νατρίου πρέπει να προστεθούν στο Δ1, για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με  $\text{pH}=9$  (θεωρούμε ότι η προσθήκη του υδροξειδίου του νατρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος).

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

59

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 46

Για να υπολογίσουμε τη σταθερά ιοντισμού του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος ΗΑ, κάνουμε τα εξής:

- Παίρνουμε 30 mL υδατικού διαλύματός του, άγνωστης περιεκτικότητας, και τα εξουδετερώνουμε με υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH), επίσης άγνωστης περιεκτικότητας. Με τη βοήθεια κατάλληλου δείκτη βρίσκουμε ότι για την εξουδετέρωση απαιτούνται 40 mL από το διάλυμα της βάσης.
- Παίρνουμε στη συνέχεια άλλα 30 mL από το ίδιο διάλυμα του οξέος και τους προσθέτουμε 20 mL από το ίδιο διάλυμα της βάσης. Μετράμε το pH του διαλύματος που προκύπτει και το βρίσκουμε 4.

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του οξέος ΗΑ.
2. Διαθέτουμε 100 mL υδατικού διαλύματος του οξέος ΗΑ, με συγκέντρωση 0,1 M. 60
  - α) Να υπολογίσεις το pH αυτού του διαλύματος.
  - β) Αν για την πλήρη εξουδετέρωση του διαλύματος του ΗΑ απαιτούνται  $\varphi$  mL ενός διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου με συγκέντρωση  $\frac{1}{90}$  M, να υπολογίσεις το  $\varphi$ .
  - γ) Να υπολογίσεις το pH του τελικού διαλύματος, δηλαδή του διαλύματος που προκύπτει μετά την προσθήκη των  $\varphi$  mL από το διάλυμα της βάσης στα 100 mL του διαλύματος του οξέος.
3. Διαθέτουμε επίσης 200 mL ενός άλλου υδατικού διαλύματος του οξέος ΗΑ, με συγκέντρωση 1 M. Στο διάλυμα προσθέτουμε  $\omega$  mol υδροχλωρίου (HCl), χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Το διάλυμα που προκύπτει έχει pH=1.
  - α) Να υπολογίσεις το  $\omega$ .
  - β) Να υπολογίσεις πόσες φορές μειώθηκε ο βαθμός ιοντισμού του οξέος ΗΑ, όταν προστέθηκε στο διάλυμά του το υδροχλώριο.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 47

Το Δ1 είναι διάλυμα αμμωνίας (NH<sub>3</sub>) με συγκέντρωση 0,5 M.  
Το Δ2 είναι διάλυμα υδροχλωρίου (HCl) με συγκέντρωση 0,1 M.  
Το Δ3 προκύπτει με ανάμιξη 60 mL του Δ1 με 200 mL του Δ2.  
Το Δ4 προκύπτει με προσθήκη 0,1 mol υδροχλωρίου σε 200 mL του Δ1 και αραιώση του διαλύματος μέχρι τελικού όγκου 500 mL.

1. Να υπολογίσεις το pH καθενός από τα διαλύματα Δ1, Δ2, Δ3 και Δ4. Η σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της αμμωνίας δίνεται ίση με  $2 \cdot 10^{-5}$ .
2. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 50 mL του Δ1, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μισή μονάδα.
3. Να υπολογίσεις πόσα mol υδροχλωρίου πρέπει να προστεθούν σε 50 mL του Δ2, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μία μονάδα (η προσθήκη του υδροχλωρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος).
4. Το Δ3 αραιώνεται με νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 1 L. Να υπολογίσεις το pH του αραιωμένου διαλύματος.
5. Να υπολογίσεις με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιχθούν τα διαλύματα Δ1 και Δ2, για να προκύψει διάλυμα με pH=10.
6. Να υπολογίσεις πόσα mL ενός διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) με συγκέντρωση 0,01 M πρέπει να προστεθούν σε 150 mL του Δ4, για να προκύψει διάλυμα με pH=9.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

61

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

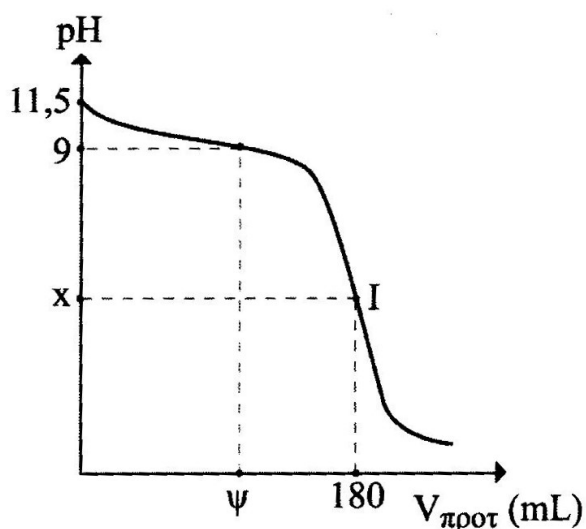
# 48

Φοιτητής βάζει σε κωνική φιάλη 20 mL ενός διαλύματος της μονοπρωτικής βάσης B και ογκομετρεί με πρότυπο διάλυμα υδροχλωρίου (HCl), το οποίο έχει συγκέντρωση  $\frac{1}{9}$  M. Η καμπύλη της ογκομέτρησης φαίνεται στο σχήμα.

1. Πρόκειται για οξυμετρία ή αλκαλιμετρία; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

2. Να υπολογίσεις τη συγκέντρωση του διαλύματος της βάσης.

3. Να εξετάσεις αν η βάση B είναι ασθενής ή ισχυρή. Αν είναι ασθενής, να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_b$  αυτής.



4. Ο φοιτητής διαθέτει τους επόμενους τρεις δείκτες:

- κόκκινο του μεθυλίου, με ζώνη αλλαγής 4,8 – 6,0
- κόκκινο της φαινόλης, με ζώνη αλλαγής 6,6 – 8,0
- μπλε της βρωμοφαινόλης, με ζώνη αλλαγής 3,0 – 4,6

α) Ποιος από τους τρεις είναι ο πλέον κατάλληλος για την παραπάνω ογκομέτρηση; Γιατί;

β) Ο φοιτητής, αντί να χρησιμοποιήσει στην ογκομέτρηση τον πλέον κατάλληλο δείκτη που προσδιόρισες στο προηγούμενο ερώτημα, χρησιμοποιεί το κόκκινο της φαινόλης. Στην περίπτωση αυτή δεν θα βρει την τιμή της συγκέντρωσης του διαλύματος της βάσης B που υπολόγισες στο 2<sup>ο</sup> ερώτημα. Θα βρει μεγαλύτερη ή μικρότερη τιμή; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

5. Να υπολογίσεις το  $\psi$ .

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 49

Το Δ είναι υδατικό διάλυμα του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος ΗΑ, με συγκέντρωση 0,1 Μ.

1. Σε 100 mL του Δ προσθέτουμε 2,4 g ΗΑ, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Στο διάλυμα που προκύπτει ο βαθμός ιοντισμού του ΗΑ είναι ο μισός από τον βαθμό ιοντισμού του στο Δ. Να υπολογίσεις τη σχετική μοριακή μάζα του ΗΑ.

2. Σε 50 mL του Δ προστίθεται νερό, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 250 mL. Στο διάλυμα αυτό ο βαθμός ιοντισμού του ΗΑ είναι 1%. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού του οξέος ΗΑ.

3. Να υπολογίσεις πόσα γραμμάρια του άλατος NaA πρέπει να προστεθούν σε 1 L του Δ, για να προκύψει διάλυμα με pH=5. Θεωρούμε ότι η προσθήκη του άλατος δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος. Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, H=1.

4. Αναμιγνύονται 50 mL του Δ με 50 mL υδατικού διαλύματος υδροχλωρίου (HCl) 0,4 Μ. Να υπολογίσεις τον βαθμό ιοντισμού του ΗΑ στο διάλυμα που προκύπτει.

5. Αναμιγνύονται 200 mL του Δ με 800 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 0,025 Μ. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

63

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 50

Για το θειικό οξύ ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), το οποίο ανήκει στα διπρωτικά οξέα, δίνονται τα εξής:

- Ο πρώτος ιοντισμός του είναι πλήρης.
- Η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  για τον δεύτερο ιοντισμό του είναι  $10^{-2}$ .

1. Διαλύονται σε νερό 2 mol θειικού οξέος. Παίρνουμε το ένα δέκατο του διαλύματος που σχηματίζεται και το αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει το διάλυμα Δ, όγκου 200 mL. Να υπολογίσεις το pH του Δ.

2. Στο Δ προσθέτουμε 16 g υδροξειδίου του νατρίου (NaOH). Αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει, ώσπου ο όγκος του να γίνει 2 L. Να υπολογίσεις το pH του τελικού διαλύματος.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, O=16, H=1.

3. Διαλύονται σε νερό 0,121 mol όξινου θειικού καλίου ( $\text{KHSO}_4$ ) και σχηματίζεται διάλυμα όγκου 100 mL. Να υπολογίσεις την  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  στο διάλυμα αυτό.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

64

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 51

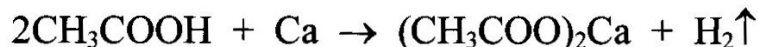
Υδατικό διάλυμα αιθανικού οξέος ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) έχει περιεκτικότητα 3% w/v. Παίρνουμε 150 mL αυτού του διαλύματος και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει το διάλυμα Δ, όγκου 750 mL. Μετράμε το pH του Δ και το βρίσκουμε 3.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: C=12, O=16, H=1.

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του αιθανικού οξέος, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού του στο Δ.

2. Παίρνουμε 10 mL του Δ και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει το διάλυμα Δ1, όγκου 250 mL. Στο Δ1 προσθέτουμε λίγες σταγόνες του δείκτη ΗΔ. Ο δείκτης αυτός χρωματίζει ένα διάλυμα κόκκινο, αν το pH του είναι μικρότερο από 4,2, και κίτρινο, αν το pH του είναι μεγαλύτερο από 6,1. Τι χρώμα θα αποκτήσει το Δ1 με την προσθήκη του δείκτη; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

3. Σε άλλα 110 mL του Δ προσθέτουμε x mol ασβεστίου (Ca), οπότε προκύπτει το διάλυμα Δ2 (όγκου επίσης 110 mL), το pH του οποίου διαφέρει κατά μία μονάδα από το pH του Δ. Να υπολογίσεις το x. Δίνεται ότι με την προσθήκη του ασβεστίου πραγματοποιείται η επόμενη αντίδραση απλής αντικατάστασης:



4. Να υπολογίσεις πόσα mol υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) πρέπει να προστεθούν στο Δ2, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος ακόμη μία μονάδα. Θεωρούμε ότι η προσθήκη του υδροξειδίου του νατρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 52

Διαθέτουμε τα υδατικά διαλύματα Δ1, Δ2 και Δ3, των μονοπρωτικών οξέων ΗΑ, ΗΒ και ΗΓ αντιστοίχως.

Μετράμε το pH καθενός διαλύματος.

Μετράμε επίσης τον όγκο V ενός διαλύματος υδροξειδίου του καλίου (ΚΟΗ) που απαιτείται για την εξουδετέρωση 100 mL καθενός από τα διαλύματα των οξέων.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στις δύο πρώτες γραμμές του πίνακα που ακολουθεί:

	Δ1	Δ2	Δ3
pH	4	3	3
V	10 mL	160 mL	10 mL
pH'	5	4	5

66

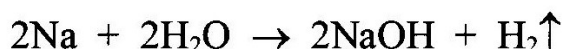
1. Στηριζόμενος στις πληροφορίες των δύο πρώτων γραμμών του πίνακα, να βρεις ποιο από τα τρία οξέα είναι το πιο ισχυρό. Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
2. Από κάθε διάλυμα (Δ1, Δ2 και Δ3) παίρνουμε 10 mL. Τα αραιώνουμε με προσθήκη νερού, ώσπου να προκύψει διάλυμα όγκου 1 L. Μετράμε το pH καθενός από τα αραιωμένα διαλύματα. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στην τρίτη γραμμή του παραπάνω πίνακα. Να δείξεις ότι ένα από τα τρία οξέα είναι ισχυρό οξύ.
3. Να υπολογίσεις τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων Δ1, Δ2 και Δ3, καθώς και τη συγκέντρωση του διαλύματος του υδροξειδίου του καλίου που χρησιμοποιήθηκε για την εξουδετέρωσή τους.
4. Ποιο από οξέα ΗΑ και ΗΒ είναι πιο ισχυρό; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 53

Σε ορισμένη ποσότητα νερού προστίθενται 4,6 g νατρίου (Na), τα οποία αντιδρούν πλήρως, σύμφωνα με την αντίδραση:



Έτσι, εκλύεται αέριο υδρογόνο και προκύπτει το διάλυμα Δ, το οποίο έχει όγκο x L και pH=13.

Η σχετική ατομική μάζα του νατρίου είναι 23.

1. Να υπολογίσεις τον όγκο του υδρογόνου που εκλύθηκε, σε θερμοκρασία 500 K και πίεση 4,1 atm.

Δίνεται η παγκόσμια σταθερά των αερίων:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

2. Να υπολογίσεις το x.

3. Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος HA, η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του οποίου είναι ίση με  $10^{-4}$ . Το Δ1 έχει pH=2,5. Αναμιγνύουμε 500 mL του Δ με 250 mL του Δ1. Αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει, ώσπου ο όγκος του να γίνει 2,5 L. Σχηματίζεται έτσι το διάλυμα Δ2. Να υπολογίσεις το pH του Δ2.

4. Στο Δ2 προσθέτουμε 0,025 mol του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος HB, η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του οποίου είναι ίση με  $10^{-5}$ . Προκύπτει έτσι το διάλυμα Δ3, όγκου επίσης 2,5 L. Να υπολογίσεις την  $[\text{OH}^-]$  στο Δ3.

5. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί στα υπόλοιπα 1,5 L του Δ, για να προκύψει διάλυμα που να έχει το ίδιο pH με το Δ2.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

67

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 54

Στο εργαστήριο διαθέτουμε τα επόμενα πέντε υδατικά διαλύματα Α έως Ε (και μόνο αυτά), τα οποία έχουν όλα συγκέντρωση 0,1 Μ:

- Α: διάλυμα αιθανικού οξέος ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
- Β: διάλυμα αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ )
- Γ: διάλυμα υδροχλωρίου ( $\text{HCl}$ )
- Δ: διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου ( $\text{NaOH}$ )
- Ε: διάλυμα χλωριούχου αμμώνιου ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )

Η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του αιθανικού οξέος δίνεται ίση με  $2 \cdot 10^{-5}$  και η σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της αμμωνίας δίνεται επίσης ίση με  $2 \cdot 10^{-5}$ .

1. Θέλουμε να παρασκευάσουμε 3 λίτρα ρυθμιστικού διαλύματος με  $\text{pH}=9$ . Ποια διαλύματα θα χρησιμοποιήσουμε και πόσον όγκο θα πάρουμε από το καθένα, για να παρασκευάσουμε το ρυθμιστικό διάλυμα που θέλουμε;

68

Να προτείνεις τρεις διαφορετικούς τρόπους παρασκευής του επιθυμητού ρυθμιστικού διαλύματος.

2. Θέλουμε επίσης να παρασκευάσουμε 1 λίτρο ρυθμιστικού διαλύματος με  $\text{pH}=5$ . Για τον σκοπό αυτό αναμιγνύουμε 300 mL του Α με 150 mL του Δ και αραιώνουμε το διάλυμα που προκύπτει, ώσπου ο όγκος του να γίνει 1 L.

α) Το ρυθμιστικό διάλυμα που παρασκευάσαμε έχει το  $\text{pH}$  που επιθυμούσαμε;

β) Αν όχι, τι πρέπει να προσθέσουμε στο διάλυμα αυτό (χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του), για να έχουμε το επιθυμητό  $\text{pH}$ : μικρή ποσότητα αιθανικού οξέος ή μικρή ποσότητα υδροξειδίου του νατρίου; Πόσα γραμμάρια;

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες:  $\text{Na}=23$ ,  $\text{C}=12$ ,  $\text{O}=16$ ,  $\text{H}=1$ .

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

## ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 55

Το Δ είναι υδατικό διάλυμα του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος ΗΑ, με συγκέντρωση 0,1 Μ.

Η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του ΗΑ είναι ίση με  $10^{-6}$ .

1. Να υπολογίσεις το pH του Δ.

2. Σε 500 mL του Δ προσθέτουμε 22,5 g ΗΑ, χωρίς πρακτικά να αλλάξει ο όγκος του διαλύματος, οπότε το pH του διαλύματος μεταβάλλεται κατά μισή μονάδα. Να υπολογίσεις τη σχετική μοριακή μάζα του ΗΑ.

3. Η φαινολοφθαλεΐνη είναι ένας δείκτης. Όταν σε ένα διάλυμα προστίθενται μερικές σταγόνες φαινολοφθαλεΐνης, εάν το διάλυμα έχει pH μεγαλύτερο από 9, χρωματίζεται φούξια. Ειδάλλως, παραμένει άχρωμο.

Σε 200 mL του Δ προστίθενται λίγες σταγόνες φαινολοφθαλεΐνης και στη συνέχεια το διάλυμα αναμιγνύεται με 800 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) που έχει συγκέντρωση 0,025 Μ. Έτσι, προκύπτει το διάλυμα Δ', όγκου 1 L. Το Δ' θα είναι άχρωμο ή φούξια; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

4. Διαθέτουμε υδατικό διάλυμα υδροχλωρίου (HCl) με συγκέντρωση 0,02 Μ. Να υπολογίσεις πόσα λίτρα αυτού του διαλύματος πρέπει να αναμιχθούν με το Δ', για να προκύψει διάλυμα με pH=4.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

69

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 56

Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα αμμωνίας (NH<sub>3</sub>) με συγκέντρωση x M και pH=11.

Το Δ2 είναι υδατικό διάλυμα υδροχλωρίου (HCl) με συγκέντρωση επίσης x M.

Αναμιγνύουμε 1 L του Δ1 με 1 L του Δ2 και αραιώνουμε το διάλυμα που σχηματίζεται, ώσπου ο όγκος του να γίνει 10 L. Προκύπτει έτσι το διάλυμα Δ3, που έχει pH=5,5.

1. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού K<sub>b</sub> της αμμωνίας.
  2. Να υπολογίσεις το pH του Δ2.
  3. Να υπολογίσεις πόσα mol αέριας αμμωνίας πρέπει να διοχετευθούν σε 200 mL του Δ1, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μισή μονάδα. Θεωρούμε ότι η προσθήκη της αέριας αμμωνίας δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.
  4. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 150 mL του Δ2, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μία μονάδα.
  5. Σε 550 mL του Δ1 προσθέτουμε 50 mL του Δ2. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.
  6. Να υπολογίσεις με ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιχθούν τα διαλύματα Δ1 και Δ2, για να προκύψει διάλυμα με pH=9.
- Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει K<sub>w</sub>=10<sup>-14</sup>.

70

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

57

Το Δ1 είναι διάλυμα του μονοπρωτικού οξέος ΗΑ, με συγκέντρωση 0,1 Μ και pH=4.

Το Δ2 είναι διάλυμα του μονοπρωτικού οξέος ΗΒ, με συγκέντρωση 0,1 Μ.

Το Δ3 είναι διάλυμα του άλατος NaB, με συγκέντρωση 0,1 Μ και pH=8,5.

1. Ποιο από τα ΗΑ και ΗΒ είναι ισχυρότερο οξύ; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

2. Αναμιγνύουμε 100 mL του Δ1, 200 mL του Δ2 και 200 mL του Δ3, οπότε σχηματίζεται το διάλυμα Δ4. Να υπολογίσεις το pH του Δ4, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού καθενός από τα οξέα ΗΑ και ΗΒ στο διάλυμα αυτό.

71

3. Αναμιγνύουμε 100 mL του Δ2 με 100 mL του Δ3, οπότε σχηματίζεται το ρυθμιστικό διάλυμα Δ5. Να υπολογίσεις το pH του Δ5, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού του ΗΒ στο διάλυμα αυτό.

4. Το Δ5 αραιώνεται με την προσθήκη 200 mL νερού. Να υπολογίσεις το pH του αραιωμένου διαλύματος, καθώς και τον βαθμό ιοντισμού του ΗΒ στο διάλυμα αυτό.

α) Τι έπαθε το pH του Δ5 με την αραιώση; Γιατί;

β) Τι έπαθε ο βαθμός ιοντισμού του ΗΒ με την αραιώση; Γιατί;

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 58

Το Δ1 είναι διάλυμα αιθανικού οξέος ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του οποίου είναι ίση με  $2 \cdot 10^{-5}$ .

Το Δ2 είναι πρότυπο διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου ( $\text{NaOH}$ ), με συγκέντρωση 0,1 M.

Ογκομετρούμε 50 mL του Δ1 με το Δ2. Φτάνουμε στο ισοδύναμο σημείο, αφού προσθέσουμε 25 mL από το πρότυπο διάλυμα. Στο ισοδύναμο σημείο έχουμε πλέον το διάλυμα Δ3, όγκου 75 mL.

1. Διαθέτουμε τους δείκτες ΗΔ, ΗΖ και ΗΛ, οι σταθερές ιοντισμού  $K_a$  των οποίων έχουν τιμές  $10^{-4}$ ,  $10^{-6}$  και  $10^{-8}$  αντιστοίχως. Ποιος από τους τρεις είναι ο πλέον κατάλληλος για τον προσδιορισμό του ισοδύναμου σημείου της παραπάνω ογκομέτρησης; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

2. Να υπολογίσεις το pH του Δ1 και το pH του Δ2.

3. Στο διάλυμα Δ3 προσθέτουμε νερό, ώσπου να προκύψει το διάλυμα Δ4, όγκου 125 mL. Να υπολογίσεις το pH του Δ4.

4. Παίρνουμε 50 mL του Δ1 και 50 mL του Δ2. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί στο πρώτο διάλυμα και πόσο στο δεύτερο, για να μεταβληθεί το pH καθενός διαλύματος κατά μία μονάδα. Πώς ερμηνεύεις τη διαφορά;

5. Στο Δ4 διαβιβάζονται 22,4 mL αερίου υδροχλωρίου ( $\text{HCl}$ ), μετρημένα στις πρότυπες συνθήκες, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις την  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  στο διάλυμα που προκύπτει.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

72

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 59

Διαθέτουμε τα υδατικά διαλύματα Δ1, Δ2 και Δ3 των μονοπρωτικών βάσεων Β1, Β2 και Β3 αντιστοίχως.

Μετράμε το pH καθενός διαλύματος.

Μετράμε επίσης τον όγκο V ενός διαλύματος υδροχλωρίου (HCl) που απαιτείται για την εξουδετέρωση 20 mL καθενός από τα διαλύματα των βάσεων.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

	Δ1	Δ2	Δ3
pH	9	11	11
V	20 mL	100 mL	20 mL

73

1. Στηριζόμενος στις πληροφορίες του πίνακα, να βρεις ποια από τις τρεις βάσεις είναι η πιο ισχυρή. Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
2. Δίνεται ότι το διάλυμα Δ1 έχει συγκέντρωση  $10^{-3}$  M. Να υπολογίσεις τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων Δ2 και Δ3, καθώς και τη συγκέντρωση του διαλύματος υδροχλωρίου που χρησιμοποιήθηκε για την εξουδετέρωσή τους.
3. Να δείξεις ότι η μία από τις τρεις βάσεις είναι ισχυρή και να υπολογίσεις τις σταθερές ιοντισμού  $K_b$  των δύο ασθενών.
4. Όπως είδαμε παραπάνω, για την εξουδετέρωση των 20 mL του Δ1 απαιτήθηκαν 20 mL από το διάλυμα του υδροχλωρίου. Μετά την εξουδετέρωση λοιπόν έχουμε ένα διάλυμα όγκου 40 mL. Το διάλυμα αυτό το αραιώνουμε με νερό, ώσπου ο όγκος του να γίνει 200 mL. Να υπολογίσεις το pH του αραιωμένου διαλύματος.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 60

Διαλύουμε σε νερό 9 g κορεσμένης μονοσθενούς πρωτοταγούς αμίνης A (ο γενικός μοριακός τύπος αυτών των αμινών είναι  $C_nH_{2n+1}NH_2$ , με n μεγαλύτερο ή ίσο του 1).

Παίρνουμε το ένα δέκατο του διαλύματος που σχηματίζεται και το αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει το διάλυμα Δ1, όγκου 200 mL.

Μετράμε το pH αυτού του διαλύματος και το βρίσκουμε 11.

1. Βάζουμε σε μια κωνική φιάλη 100 mL του Δ1 και ογκομετρούμε με πρότυπο διάλυμα υδροχλωρίου (HCl) 0,2 M. Φτάνουμε στο ισοδύναμο σημείο, όταν έχουμε προσθέσει 50 mL από το πρότυπο διάλυμα. Στην κωνική φιάλη περιέχονται τώρα 150 mL διαλύματος, που το ονομάζουμε Δ2.

α) Να υπολογίσεις τη συγκέντρωση του Δ1.

β) Να γράψεις τον συντακτικό τύπο της αμίνης A.

γ) Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της A.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: N=14, C=12, H=1.

2. Παίρνουμε το Δ2 και το αραιώνουμε με νερό, ώσπου ο όγκος του να γίνει 1000 mL. Προκύπτει έτσι το διάλυμα Δ3. Να υπολογίσεις το pH του Δ3.

3. Αναμιγνύουμε τα υπόλοιπα 100 mL του διαλύματος Δ1 με όλο το διάλυμα Δ3. Αραιώνουμε το διάλυμα που σχηματίζεται, ώσπου ο όγκος του να γίνει 2 L. Προκύπτει έτσι το διάλυμα Δ4. Να υπολογίσεις το pH του Δ4.

4. Αραιώνουμε το διάλυμα Δ4, προσθέτοντας 2 L νερού. Διαπιστώνουμε ότι το pH του διαλύματος παραμένει πρακτικά σταθερό. Πώς ερμηνεύεται αυτό;

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

74

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 61

Το Δ είναι ρυθμιστικό διάλυμα που περιέχει μεθανικό οξύ (HCOOH), η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του οποίου είναι  $10^{-4}$ , και μεθανικό νάτριο (HCOONa).

Διαπιστώνουμε πειραματικά τα εξής:

- Για την πλήρη εξουδετέρωση 200 mL του Δ απαιτούνται 100 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 0,2 M.
- Για την πλήρη οξείδωση άλλων 200 mL του Δ απαιτούνται 80 mL διαλύματος υπερμαγγανικού καλίου (KMnO<sub>4</sub>) 0,2 M, οξεισμένου με θεικό οξύ.

1. Να υπολογίσεις το pH του Δ.

2. Στο εργαστήριο διαθέτουμε τα διαλύματα Δ1 και Δ2:

Το Δ1 είναι διάλυμα HCOOH 0,5 M.

Το Δ2 είναι διάλυμα NaOH 0,2 M.

Αναμιγνύουμε 40 mL του Δ1 με φ mL του Δ2 και αραιώνουμε το διάλυμα που σχηματίζεται, ώσπου ο όγκος του να γίνει 1 L. Έτσι, παίρνουμε το ρυθμιστικό διάλυμα Δ3, που έχει το ίδιο pH με το Δ.

Να υπολογίσεις το φ.

3. Σε 1 L του Δ προσθέτουμε 0,01 mol υδροχλωρίου (HCl).

Στο 1 L του Δ3 προσθέτουμε επίσης 0,01 mol υδροχλωρίου.

Να υπολογίσεις την  $[H_3O^+]$  σε κάθε διάλυμα μετά την προσθήκη του ισχυρού οξέος. Τι παρατηρείς; Πού οφείλεται η διαφορά;

Θεωρούμε ότι η προσθήκη του υδροχλωρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

75

## ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 62

Διαλύουμε σε νερό 0,1 mol του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος HA και παίρνουμε το διάλυμα Δ1, όγκου 10 L.

Διαλύουμε σε νερό 0,1 mol του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος HB και παίρνουμε το διάλυμα Δ2, όγκου 900 mL.

Διαλύουμε σε νερό 2 mol του HA και 2 mol του HB και παίρνουμε το διάλυμα Δ3, όγκου 2 L.

Η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του HA είναι ίση με  $10^{-5}$  και η σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του HB είναι ίση με  $9 \cdot 10^{-5}$ .

1. Να υπολογίσεις το pH καθενός από τα διαλύματα Δ1, Δ2 και Δ3.
2. Να υπολογίσεις πόσα mol υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) πρέπει να προστεθούν σε 1 L του Δ1, για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με pH=5. Η προσθήκη του υδροξειδίου του νατρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.
3. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 500 mL του Δ2, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μισή μονάδα.
4. Σε 1 L του Δ3 προσθέτουμε 2 mol NaOH, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις την  $[OH^-]$  στο διάλυμα που προκύπτει.
5. Στο υπόλοιπο 1 L του Δ3 προσθέτουμε 1 mol υδροξειδίου του νατρίου, χωρίς πρακτικά να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις πόσα mol του HA και πόσα mol του HB εξουδετερώθηκαν με την προσθήκη της βάσης, καθώς και την  $[H_3O^+]$  στο τελικό διάλυμα.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

76

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 63

Σε πέντε διαφορετικά δοχεία Α, Β, Γ, Δ και Ε περιέχονται τα εξής πέντε διαλύματα (ένα διάλυμα σε κάθε δοχείο):

- Διάλυμα Δ1: HCl 0,1 M
- Διάλυμα Δ2: NH<sub>3</sub> 0,1 M
- Διάλυμα Δ3: NaOH 0,1 M
- Διάλυμα Δ4: NH<sub>4</sub>Cl 0,1 M
- Διάλυμα Δ5: NaCl 0,1 M

Μετράμε το pH καθενός διαλύματος. Οι μετρήσεις φαίνονται στον επόμενο πίνακα:

δοχείο	A	B	Γ	Δ	Ε
pH	11	1	7	5	13

1. Ποιο διάλυμα περιέχεται σε κάθε δοχείο; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
2. φ L καθενός από τα πέντε διαλύματα αραιώνονται με προσθήκη 9φ L νερού. Σε ποιο από τα πέντε θα έχουμε τη μικρότερη μεταβολή pH;
3. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της αμμωνίας.
4. Στο εργαστήριο διαθέτουμε 2 L του Δ2 και 2 L του Δ4. Αναμιγνύοντας κατάλληλους όγκους αυτών των διαλυμάτων, θέλουμε να παρασκευάσουμε ρυθμιστικό διάλυμα με pH=10. Πόσος είναι ο μέγιστος όγκος αυτού του ρυθμιστικού διαλύματος που μπορούμε να παρασκευάσουμε με τις ποσότητες των διαλυμάτων που διαθέτουμε;
5. Παίρνουμε x mL του Δ2 και τα αραιώνουμε με νερό, ώσπου να προκύψει το διάλυμα Δ6, όγκου ψ mL. Ογκομετρούμε το Δ6, χρησιμοποιώντας ως πρότυπο διάλυμα το Δ1. Στο ισοδύναμο σημείο έχουμε διάλυμα όγκου 200 mL, που έχει pH=5,5.
  - α) Πόσος όγκος του Δ1 καταναλώθηκε κατά την ογκομέτρηση;
  - β) Με πόσο νερό αραιώθηκαν τα x mL του Δ2.
  - γ) Πόσο ήταν το pH του ογκομετρούμενου διαλύματος, τη στιγμή που είχαν προστεθεί 10 mL του Δ1;

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 64

Το Δ1 είναι διάλυμα αμμωνίας (NH<sub>3</sub>) 1 M.

Το Δ2 είναι διάλυμα μεθυλαμίνης (CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>) 0,1 M.

Το Δ3 είναι διάλυμα μεθυλαμίνης (CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>) x M.

Τόσο στο Δ1 όσο και στο Δ2 ισχύει: [OH<sup>-</sup>] = 10<sup>9</sup>[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>].

1. Να υπολογίσεις τις σταθερές ιοντισμού K<sub>b</sub> της αμμωνίας και της μεθυλαμίνης.

2. Να υπολογίσεις πόσα mol υδροχλωρίου (HCl) πρέπει να προστεθούν σε 2 L του Δ1, για να προκύψει ρυθμιστικό διάλυμα με pH=9. Η προσθήκη του υδροχλωρίου δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

3. Να υπολογίσεις πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 200 mL του Δ2, για να μεταβληθεί το pH του διαλύματος κατά μισή μονάδα.

4. ψ L του Δ1 αναμιγνύονται με 4ψ L του Δ2. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.

5. ω L του Δ1 αναμιγνύονται με ω L του Δ3. Στο διάλυμα που προκύπτει ισχύει: [OH<sup>-</sup>] = 5·10<sup>-3</sup> M. Να υπολογίσεις το x.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει K<sub>w</sub>=10<sup>-14</sup>.

78

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 65

**I.** Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα της ασθενούς μονοπρωτικής βάσης B1, άγνωστης περιεκτικότητας.

- Παίρνουμε 20 mL του Δ1 και τα ογκομετρούμε με υδατικό διάλυμα υδροχλωρίου (HCl), επίσης άγνωστης περιεκτικότητας. Φτάνουμε στο ισοδύναμο σημείο, όταν έχουν προστεθεί 50 mL από το διάλυμα του οξέος.

- Στη συνέχεια παίρνουμε άλλα 20 mL του Δ1 και τα αναμιγνύουμε με 25 mL από το ίδιο διάλυμα υδροχλωρίου. Μετράμε το pH του διαλύματος που προκύπτει και το βρίσκουμε 10.

Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της βάσης B1.

**II.** Το Δ2 είναι υδατικό διάλυμα της ασθενούς μονοπρωτικής βάσης B2, άγνωστης περιεκτικότητας.

30 mL του Δ2 ογκομετρώνται με πρότυπο διάλυμα HCl 0,1 M.

Διαπιστώνουμε ότι:

- Όταν έχουν προστεθεί 10 mL του πρότυπου διαλύματος, το pH του ογκομετρούμενου διαλύματος είναι 10.

- Όταν έχουν προστεθεί 25 mL του πρότυπου διαλύματος, το pH του ογκομετρούμενου διαλύματος είναι 9.

α) Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_b$  της βάσης B2.

β) Να υπολογίσεις το pH στο ισοδύναμο σημείο της παραπάνω ογκομέτρησης.

**III.** Το Δ3 είναι διάλυμα της B1, με συγκέντρωση 0,1 M.

Το Δ4 είναι διάλυμα της B2, με συγκέντρωση 0,2 M.

Αναμιγνύουμε ίσους όγκους των Δ3 και Δ4.

Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που θα προκύψει.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 66

Το Δ1 είναι διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M. Ο βαθμός ιοντισμού του οξέος στο διάλυμα είναι 1%.

Το Δ2 είναι διάλυμα  $\text{HF}$  1 M. Ο βαθμός ιοντισμού του οξέος στο διάλυμα είναι 1%.

1. Ποιο οξύ από τα δύο είναι πιο ισχυρό; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

2. Πώς δικαιολογείται το ότι τα δύο οξέα, αν και έχουν διαφορετική ισχύ, έχουν τον ίδιο βαθμό ιοντισμού στα παραπάνω διαλύματα;

3. Παίρνουμε 100 mL του Δ1 και προσθέτουμε (χωρίς μεταβολή του όγκου) την αναγκαία για πλήρη εξουδετέρωση ποσότητα υδροξειδίου του νατρίου ( $\text{NaOH}$ ). Έτσι, προκύπτει το διάλυμα Δ3.

α) Πόσα γραμμάρια υδροξειδίου του νατρίου προστέθηκαν;

β) Πόσο είναι το pH του Δ3;

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες:  $\text{Na}=23$ ,  $\text{O}=16$ ,  $\text{H}=1$ .

4. Παίρνουμε 400 mL του Δ2 και προσθέτουμε (χωρίς μεταβολή του όγκου) την αναγκαία για πλήρη εξουδετέρωση ποσότητα υδροξειδίου του καλίου ( $\text{KOH}$ ). Έτσι, προκύπτει το διάλυμα Δ4.

α) Πόσα mol υδροξειδίου του καλίου προστέθηκαν;

β) Πόση είναι η συγκέντρωση των υδροξειδίων,  $[\text{OH}^-]$ , που προέρχονται από τον αυτοϊοντισμό του νερού στο Δ4;

5. Τα Δ3 και Δ4 αναμιγνύονται. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

80

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 67

Το Δ είναι υδατικό διάλυμα του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος ΗΑ.  
Το Δ έχει  $\text{pH}=3$  και ο βαθμός ιοντισμού του οξέος στο Δ είναι 0,01.

1. Να υπολογίσεις τη συγκέντρωση του Δ και τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του ΗΑ.

2. Πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 50 mL του Δ, ώστε να τετραπλασιαστεί ο βαθμός ιοντισμού του ΗΑ;

3. 100 mL του Δ αναμιγνύονται με 100 mL υδατικού διαλύματος ΚCl 0,5 M. Το διάλυμα που προκύπτει θα έχει  $\text{pH}$  μικρότερο του 3, μεγαλύτερο του 3 ή επίσης 3; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

4. 200 mL του Δ εξουδετερώνονται πλήρως με την ακριβώς αναγκαία ποσότητα στερεού ΚΟΗ (οπότε ο όγκος του διαλύματος δεν μεταβάλλεται).

Άλλα 200 mL του Δ εξουδετερώνονται πλήρως με την ακριβώς αναγκαία ποσότητα στερεού  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (οπότε ο όγκος του διαλύματος δεν μεταβάλλεται).

α) Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  του εξουδετερωμένου διαλύματος τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη περίπτωση.

β) Πώς ερμηνεύεις τα αποτελέσματα;

5. Πόσα γραμμάρια στερεού  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  πρέπει να προστεθούν σε 400 mL του Δ, ώστε να προκύψει το διάλυμα Δ', με  $\text{pH}=5$ ; Η προσθήκη του στερεού δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες:  $\text{Ca}=40$ ,  $\text{O}=16$ ,  $\text{H}=1$ .

6. Πόσα λίτρα διαλύματος ΗCl 0,1 M πρέπει να προστεθούν σε 220 mL του Δ', ώστε το  $\text{pH}$  του Δ' να μεταβληθεί κατά μία μονάδα;

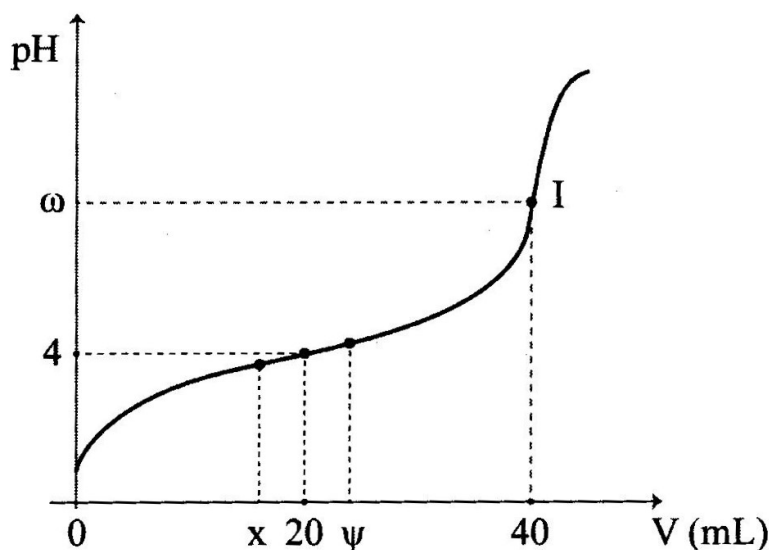
Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

81

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 68

40 mL ενός υδατικού διαλύματος του ασθενούς μονοπρωτικού οξέος ΗΑ ογκομετρούνται με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,2 M. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η καμπύλη της ογκομέτρησης:



82

1. Αντλώντας πληροφορίες από το διάγραμμα, να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού  $K_a$  του ΗΑ.

2. Διαθέτουμε τους παρακάτω τρεις δείκτες:

- κόκκινο του μεθυλίου, με ζώνη αλλαγής 4,8 – 6,0
- μπλε της θυμόλης, με ζώνη αλλαγής 7,8 – 9,6
- κίτρινο της αλιζαρίνης, με ζώνη αλλαγής 10,1 – 12,0

Ποιον θα επέλεγες για την παραπάνω ογκομέτρηση; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

3. Όπως φαίνεται στην καμπύλη της ογκομέτρησης, από τη στιγμή που είχαν προστεθεί στο ογκομετρούμενο διάλυμα x mL του πρότυπου διαλύματος μέχρι τη στιγμή που είχαν προστεθεί ψ mL του πρότυπου διαλύματος, η μεταβολή του pH ήταν πολύ μικρή. Πώς το ερμηνεύεις αυτό;

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .

## ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 69

Δίνονται τα επόμενα υδατικά διαλύματα Α, Β και Γ:

- Διάλυμα Α: Περιέχει τη βάση Β1 και έχει με συγκέντρωση 0,2 Μ.
- Διάλυμα Β: Περιέχει τη βάση Β2 και έχει pH=12.
- Διάλυμα Γ: Περιέχει NH<sub>3</sub> 0,1 Μ και ο βαθμός ιοντισμού της αμμωνίας είναι 1%.

1. Ορισμένος όγκος του Α εξουδετερώνεται με την αναγκαία ποσότητα ενός διαλύματος HCl 0,2 Μ. Το διάλυμα που προκύπτει μετά την εξουδετέρωση έχει pH=5,5. Να υπολογίσεις τη σταθερά ιοντισμού K<sub>b</sub> της βάσης Β1.

2. Ορισμένος όγκος του Β αραιώνεται με νερό, ώσπου ο όγκος να εκκατονταπλασιαστεί. Το αραιωμένο διάλυμα έχει pH=10. Να υπολογίσεις τη συγκέντρωση του διαλύματος Β.

3. Σε ορισμένο όγκο του Γ προστίθεται η αναγκαία για την εξουδετέρωση της αμμωνίας ποσότητα HCl, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Να υπολογίσεις το pH του διαλύματος που προκύπτει.

4. Ποια από τις τρεις βάσεις Β1, Β2 και NH<sub>3</sub> είναι η πιο ισχυρή και ποια είναι η πιο ασθενής; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

5. Πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 200 mL του Α, ώστε ο βαθμός ιοντισμού της Β1 να τριπλασιαστεί;

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους 25°C, όπου ισχύει K<sub>w</sub>=10<sup>-14</sup>.

ΙΟΝΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

# 70

Το Δ1 είναι υδατικό διάλυμα του οξέος ΗΑ και έχει  $\text{pH}=2$ .

Το Δ2 είναι υδατικό διάλυμα του οξέος ΗΒ και έχει  $\text{pH}=2$ .

1. Σε 200 mL του Δ1 προστίθενται 0,2 mol του άλατος NaA, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Το διάλυμα που προκύπτει έχει επίσης  $\text{pH}=2$ .

Σε 300 mL του Δ2 προστίθενται 0,3 mol του άλατος NaB, χωρίς να μεταβληθεί ο όγκος του διαλύματος. Το διάλυμα που προκύπτει έχει  $\text{pH}=4$ .

Ποιο είναι ισχυρότερο οξύ, το ΗΑ ή το ΗΒ; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

2. Πόσος όγκος διαλύματος  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0,1 M απαιτείται για την πλήρη εξουδετέρωση 2 L του Δ1;

3. Για την πλήρη εξουδετέρωση 100 mL του Δ2 καταναλώνονται 400 mL διαλύματος NaOH 0,25 M. Το διάλυμα που προκύπτει μετά την εξουδετέρωση (όγκου 500 mL) αραιώνεται ώσπου ο όγκος του να γίνει 1 L. Να υπολογίσεις το  $\text{pH}$  αυτού του αραιωμένου διαλύματος.

4. Πόσο νερό πρέπει να προστεθεί σε 1 L του Δ1 και πόσο σε 1 L του Δ2, ώστε να μεταβληθεί το  $\text{pH}$  καθενός διαλύματος κατά μία μονάδα;

5. Να υπολογίσεις:

α) Πόσα γραμμάρια στερεού NaOH πρέπει να προστεθούν σε 200 mL του Δ2, για να προκύψει διάλυμα με  $\text{pH}=4$ .

β) Πόσα γραμμάρια στερεού NaOH πρέπει να προστεθούν σε 300 mL του Δ2, για να προκύψει διάλυμα με  $\text{pH}=9$ .

Η προσθήκη του στερεού δεν μεταβάλλει τον όγκο του διαλύματος.

Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες: Na=23, O=16, H=1.

Όλα τα διαλύματα βρίσκονται στους  $25^\circ\text{C}$ , όπου ισχύει  $K_w=10^{-14}$ .