



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑΣ

Ημερομηνία εκτέλεσης πειράματος: 6/3/2020

Ομάδα Εργαστηρίου : ΜΗΠΕΡ Ζ

Παντής Άγγελος 2018050055

Κυριακή Θεοχάρη 2018050043

Σιγαλός Δημήτριος 2018050024

Ομάδα συγγραφής αναφοράς :

Παντής Άγγελος 2018050055

Κυριακή Θεοχάρη 2018050043

Σιγαλός Δημήτριος 2018050024

Τίτλος Άσκησης

<<ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 1^ο – ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ>>

Περίληψη

Στόχος του εργαστηρίου είναι η μελέτη της προσρόφησης του οξικού οξέος (CH_3COOH) σε ενεργό άνθρακα. Παρασκευάζονται πέντε διαλύματα οξικού οξέος σε διαφορετικές συγκεντρώσεις, στα οποία προστίθεται ποσότητα ενεργού άνθρακα, περίπου ίση με 1,50 g. Γίνεται ογκομέτρηση των διαλυμάτων με προσθήκη καυστικού νατρίου (NaOH), και υπολογίζεται, μεταξύ άλλων, η ποσότητα του προσροφηθέντος οξέος. Έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων, και προσαρμογή αυτών στην εξίσωση Freundlich $W=kC^{1/n}$, υπολογίζονται οι σταθερές k και $1/n$ με τη βοήθεια της ευθείας που ορίζει η μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων. Βρίσκεται ότι :

$$k = 0,176, \frac{1}{n} = 0,1146$$

Εισαγωγή

Σε ένα ετερογενές σύστημα από δύο φάσεις, όπως οι στερεές με τις ρευστές, παρατηρείται κατά την αλληλεπίδρασή τους συγκράτηση των μορίων της ρευστής φάσης στην επιφάνεια του στερεού. Αυτό οφείλεται στις ελκτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων του ρευστού και τις δομικές μονάδες της στερεής επιφάνειας. Η ιδιαίτερη αυτή φάση ονομάζεται προσροφημένη φάση και το φαινόμενο **προσρόφηση ή ρόφηση** (adsorption).

Η ρόφηση γίνεται εκλεκτικά, καθώς οι στερεές επιφάνειες δεν δείχνουν σε όλες τις ουσίες την ίδια προτίμηση, όσον αφορά τη προσρόφηση. Συνεπώς, η έκταση της προσρόφησης διαφέρει μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων.

Ο ενεργός άνθρακας είναι πορώδες υλικό που εμφανίζει εξαιρετικά υψηλές τιμές ειδικής επιφάνειας, γεγονός που δικαιολογεί τον συχνό ρόλο του ως προσροφητή.

Η ρόφηση του οξικού οξέος από ενεργό άνθρακα εντάσσεται στη κατηγορία της χημικής ρόφησης (χημορόφηση), στην οποία οι δυνάμεις που συγκρατούν τα μόρια του ρευστού στην επιφάνεια του στερεού σχετίζονται με δυνάμεις χημικού δεσμού. Η χημορόφηση συνοδεύεται από μεγάλες θερμότητες ρόφησης, είναι αυστηρά μονοστοιβαδική και ειδική. Το τελευταίο μεταφράζεται ως η δυνατότητα κάποιας ουσίας σε ρευστή φάση να ροφηθεί χημικά μόνο από συγκεκριμένες στερεές επιφάνειες. Ο εκλεκτικός χαρακτήρας του φαινομένου της χημικής προσρόφησης τη καθιστά ιδιαίτερα σημαντική ως εφαρμογή σε τεχνικές διαχωρισμού και ανάλυσης.

Το φαινόμενο της χημικής ρόφησης το περιγράφει η **ισόθερμη εξίσωση Freundlich** :

$$W = kC_{ισ}^{1/n} \quad (1)$$

, όπου :

W η ποσότητα (μάζα) της ουσίας που προσροφάται ανά μονάδα μάζας στερεού

προσροφητή $\rightarrow W = \frac{x}{m_c} \quad (2)$

C_{ισ} η συγκέντρωση της μη προσροφημένης ουσίας στην ισορροπία , υπακούει στον γενικό τύπο $C = \frac{n}{V} (M)$

k σταθερά που εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ουσία που προσροφάται

n σταθερά, χαρακτηριστική του συστήματος

Αν η (1) γραμμικοποιηθεί, βρίσκει εφαρμογή στα πειραματικά δεδομένα.

$$(1) \Leftrightarrow \log W = \log k + \left(\frac{1}{n}\right) \log C_{ισ} \quad (1)'$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι η εξίσωση Freundlich βασίζεται στη παραδοχή ότι η θερμότητα ρόφησης εξαρτάται από τη κάλυψη, όταν αυτή γίνεται σε μεγάλο βαθμό.

Ογκομέτρηση : Η διαδικασία ποσοτικού προσδιορισμού μιας ουσίας με μέτρηση του όγκου διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης (πρότυπο διάλυμα) που χρειάζεται για τη πλήρη αντίδραση με την ουσία.

Για το προσδιορισμό του σημείου στο οποίο έχει γίνει πλήρης εξουδετέρωση της ουσίας (τελικό σημείο ή πέρας ογκομέτρησης) γίνεται χρήση κατάλληλου δείκτη, ο οποίος θα προκαλέσει την αλλαγή του χρώματος του διαλύματος

Εδώ, το πρότυπο διάλυμα είναι ισχυρή βάση, συνεπώς η διαδικασία καλείται αλκαλιμετρία.

Πειραματική Διαδικασία

Όργανα και ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν

- Ογκομετρικά δοχεία των 100ml
- Σιφόνια ποικίλων διαστάσεων

- Πουάρ
- Υδροβολέας (με στόμιο κανονικό και ακριβείας)
- Προχοΐδα
- Πέντε κωνικές φιάλες
- Ποτήρια ζέσεως
- Συσκευή ανακίνησης κωνικών φιαλών
- Ενεργός άνθρακας
- Οξικό οξύ 1M
- Καυστικό Νάτριο 0,1M
- Δείκτης Φαινολοφθαλεΐνης

Σε πρώτο χρόνο γίνεται η παρασκευή των διαλυμάτων οξικού οξέος (100ml) , συγκεντρώσεων 1M (Α), 0,5M (Β) , 0,25M (Γ) , 0,125M (Δ) 0,1M (Ε).

Για το Α γεμίζεται ογκομετρική φιάλη με 100ml πρότυπου διαλύματος CH_3COOH 1M

Για το Β μεταφέρονται 50ml CH_3COOH στην ογκομετρική φιάλη και συμπληρώνεται η απαιτούμενη ποσότητα απιονισμένου νερού (50ml) μέχρι την ένδειξη των 100ml πάνω στο δοχείο.

Για το Γ μεταφέρονται στο δοχείο 25ml οξέος και προστίθεται απιονισμένο νερό μέχρι την ένδειξη.

Για το Δ μεταφέρονται 12,5 ml οξέος και προστίθεται ομοίως ο κατάλληλος όγκος απιονισμένου νερού.

Για το Ε μεταφέρονται 10 ml οξέος στη φιάλη των 100ml, η οποία γεμίζεται επίσης με απιονισμένο νερό μέχρι την ένδειξη.

Ενδεικτικά ακολουθούν οι πράξεις που έγιναν για το Δ ώστε να βρεθεί ο κατάλληλος για την αραιώση όγκος οξέος.

$$C_i V_i = C_f V_f \quad (3) \Rightarrow 1M V_i = 0,125M 0,1L \Rightarrow V_i = 0,0125L = 12,5ml$$

Οι παραπάνω αραιώσεις γίνονται με χρήση σιφωνίων. Για την ακριβή μεταφορά κατάλληλων όγκων υγρών γίνεται επίσης χρήση υδροβολέα με στόμιο που επιτρέπει τη διέλευση ελεγχόμενου όγκου υγρού. Συγκεκριμένα, με τον υδροβολέα "ακριβείας" συμπληρώνονται οι απαιτούμενες ποσότητες απιονισμένου νερού, όταν η στάθμη του διαλύματος πλησιάζει αρκετά στην ένδειξη των 100ml.

Μετά τη παρασκευή τους, τα διαλύματα μεταφέρονται σε μεγαλύτερα δοχεία (κωνικές φιάλες), που εξυπηρετούν τη μεταφορά ενεργού άνθρακα σε αυτά. Προστίθεται στο κάθε διάλυμα ποσότητα ενεργού άνθρακα με τη μορφή μικρών μακρόστενων κόκκων. Συγκεκριμένα προστίθενται :

- 1,49 gr στο Α
- 1,49 gr στο Β
- 1,55 gr στο Γ
- 1,53 gr στο Δ
- 1,51 gr στο Ε

Πάνω σε κάθε δοχείο αναγράφεται η συγκέντρωση οξέος και η ποσότητα ενεργού άνθρακα. Αφού σφραγιστεί το στόμιο των δοχείων, μεταφέρονται στη συσκευή ανακίνησης και αφήνεται το καθένα για 10 λεπτά. Έγινε χρήση χρονομέτρου ώστε ο χρόνος ανάδευσης να είναι αυστηρά ο ίδιος για όλα τα διαλύματα.

Κατόπιν περάσουν τα 10 λεπτά ανάδευσης του κάθε διαλύματος, αρχίζει η διαδικασία ογκομέτρησης. Οι όγκοι που ογκομετρούνται από το κάθε διάλυμα είναι :

- 2 ml από το Α
- 2 ml από το Β
- 5 ml από το Γ
- 10 ml από το Δ
- 10 ml από το Ε

Οι παραπάνω ποσότητες διαλύματος μεταφέρονται με σιφόνιο σε μικρά δοχεία ζέσεως, χωρίς να προηγηθεί διήθηση των αρχικών διαλυμάτων. Σε κάθε μια από τις παραπάνω ποσότητες προστίθεται μικρή ποσότητα δείκτη φαινολοφθαλεΐνης (2-3 σταγόνες).

Στη συνέχεια τοποθετείται το κάθε δοχείο κάτω από τη προχοΐδα και – αφού έχει καταγραφεί η ένδειξη του αρχικού όγκου NaOH μέσα σε αυτή – ανοίγεται προσεκτικά το στόμιό της επιτρέποντας τη διέλευση μικρής ποσότητας βάσης στο διάλυμα οξέος.

Ταυτόχρονα με τη προσθήκη ελεγχόμενης ποσότητας βάσης, το διάλυμα οξέος ανακινείται προσεκτικά με σκοπό τη καλύτερη ανάμιξη των ουσιών. Όταν το χρώμα του διαλύματος αλλάξει (γίνει ροζ – μωβ) και σταθεροποιηθεί σε όλη την έκταση του

υγρού, η ροή της προχοΐδας σταματάει. Αυτό το σημείο δηλώνει το πέρας της ογκομέτρησης.

Καταγράφεται σε κάθε περίπτωση η μεταβολή του όγκου του NaOH μέσω της βαθμονόμησης πάνω στη προχοΐδα. Μετά από κατάλληλη επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων συμπληρώνεται ο Πίνακας 1.

Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Πίνακας 1

Διάλυμα	$C_{οξέος}$ (M)	$m_{εν.ς}$ (g)	$m_{οξ.αρχ.}$ (g)	$V_{NaOH} - V_{τυφλού}$ (ml)	$C_{οξ.ισορ.}$ (M)
A	1,00	1,49	6,00	18,9	0,94
B	0,50	1,49	3,00	9,5	0,48
Γ	0,25	1,55	1,50	9,8	0,20
Δ	0,125	1,53	0,75	8,9	0,09
E	0,10	1,51	0,6	7,1	0,07

Διάλυμα	$m_{οξ.ισορ}$ (g)	X (g)	$W=x/m_c$	log W	log $C_{ισορ.}$
A	5,67	0,33	0,22	-0,66	-0,03
B	2,85	0,15	0,10	-1,00	-0,32
Γ	1,18	0,32	0,21	-0,69	-0,71
Δ	0,53	0,22	0,14	-0,85	-1,05
E	0,43	0,17	0,12	-0,94	-1,15

Η αρχική μάζα του οξικού οξέος ($m_{οξ.αρχ.}$) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$m = CVMr = 60M * C_{αρχ.} * 0,1L$$

Ενδεικτικά για τα A και B :

$$m_{οξ.αρχ.A} = 60 * 1 * 0,1 = 6g , m_{οξ.αρχ.B} = 60 * 0,5 * 0,1 = 3g$$

Η στήλη $V_{NaOH} - V_{τυφλού}$, όπου $V_{τυφλού} = 0,1ml$ συμπληρώνεται με τη βοήθεια των μετρήσεων της μεταβολής του όγκου του NaOH μέσα στη προχοΐδα. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι όγκοι διαλύματος NaOH που καταναλώθηκε σε κάθε περίπτωση ώστε να εξουδετερωθεί πλήρως το οξικό οξύ.

Πίνακας 2

Διάλυμα	Απαιτούμενος Όγκος NaOH (ΔV) (ml)
A	19
B	10,2
Γ	9,9
Δ	9
E	7,2

Κατά την επεξεργασία των μετρήσεων βρέθηκε ότι η μέτρηση ΔV για την ογκομέτρηση του διαλύματος B ήταν λανθασμένη. Η παραπάνω διαπίστωση στηρίζεται στο γεγονός ότι η μάζα του οξέος έπειτα από την ανάδευση εμφανίζεται μεγαλύτερη από την αρχική. Για $\Delta V_{NaOH} = 10,2 \text{ ml}$ προκύπτει ότι $m_{οξ.ισ.} = 3,03 \text{ g}$. Το παραπάνω σφάλμα οφείλεται στην λανθασμένη εφαρμογή της ογκομέτρησης του διαλύματος B. Συγκεκριμένα, η βαλβίδα της προχοΐδας δεν έκλεισε έγκαιρα όταν επιτεύχθηκε το ισοδύναμο σημείο της ογκομέτρησης (η ροή ήταν σχετικά μεγάλη), με αποτέλεσμα το δοχείο με το διάλυμα να απομακρυνθεί και μερικές σταγόνες οξέος να καταλήξουν στον πάγκο. Συνέπεια αυτού είναι η καταγραφή μεγαλύτερου απαιτούμενου όγκου βάσης από αυτόν που πραγματικά χρειάστηκε. Κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου το παραπάνω δεν έγινε αντιληπτό ως σημαντικό σφάλμα από τα μέλη της ομάδας και η ογκομέτρηση του B δεν επαναλήφθηκε.

Για τη προσέγγιση σωστών αποτελεσμάτων, ο όγκος ΔV_{NaOH} θεωρείται ίσος με 9,6 ml και ως εκ τούτου το αντίστοιχο κελί του πίνακα 1 συμπληρώνεται με τη μέτρηση $9,6-0,1=9,5 \text{ ml}$.

Η συγκέντρωση του CH_3COOH στη κατάσταση ισορροπίας $C_{οξ.ισορ.}$ (μετά την ανάδευση με ενεργό άνθρακα) υπολογίζεται μέσω της εξουδετέρωσής του από το πρότυπο διάλυμα NaOH 1M, γνωστού όγκου. Αφού έχει γίνει πλήρης εξουδετέρωση των δύο ουσιών, τα αρχικά mol του οξέος θα είναι ίσα με τα mol της βάσης που καταναλώθηκαν. Δηλαδή θα ισχύει:

$C_{οξ.ισορ.} V_{οξ.} = C_{NaOH} V_{NaOH}$, όπου $V_{οξ.}$ τα ml που παίρνονται από κάθε διάλυμα κατόπιν της ανάδευσης.

$$A) C_{οξ.ισ.} = 0,1M * \frac{18,9ml}{2ml} = 0,945M$$

$$B) C_{οξ.ισ.} = 0,1M * \frac{9,5ml}{2ml} = 0,475M$$

$$Γ) C_{οξ.ισ.} = 0,1M * \frac{9,8ml}{5ml} = 0,196M$$

$$Δ) C_{οξ.ισ.} = 0,1M * \frac{8,9ml}{10ml} = 0,089M$$

$$Ε) C_{οξ.ισ.} = 0,1M * \frac{7,1ml}{10ml} = 0,071M$$

Η μάζα του οξέος μετά την ανάδευσή του με ενεργό άνθρακα $m_{οξ.ισορ}$ υπολογίζεται από τη σχέση $m_{οξ.ισορ} = C_{ισορ} \cdot VMr$

$$A) m_{οξ.ισορ} = 0,945M * 0,1L * 60 \frac{mol}{g} = 5,67g$$

$$B) m_{οξ.ισορ} = 0,475M * 0,1L * 60 \frac{mol}{g} = 2,85g$$

$$Γ) m_{οξ.ισορ} = 0,196M * 0,1L * 60 \frac{mol}{g} = 1,176g$$

$$Δ) m_{οξ.ισορ} = 0,089M * 0,1L * 60 \frac{mol}{g} = 0,543g$$

$$Ε) m_{οξ.ισορ} = 0,071M * 0,1L * 60 \frac{mol}{g} = 0,426g$$

Στη στήλη **X** καταγράφεται η ποσότητα του οξέος που έχει ροφηθεί από τον ενεργό άνθρακα. Προκύπτει από την αφαίρεση των στηλών $m_{εν.σ} - m_{οξ.ισορ}$

$$A) X = 6,00 - 5,67 = 0,330g$$

$$B) X = 3,00 - 2,85 = 0,150g$$

$$Γ) X = 1,50 - 1,176 = 0,324g$$

$$Δ) X = 0,75 - 0,543 = 0,216g$$

$$Ε) X = 0,60 - 0,426 = 0,174g$$

Εύκολα συμπληρώνονται πλέον και οι στήλες $W=x/m_c$, $\log W$, $\log C_{ισορ}$.

Οι παραπάνω τιμές και οι τιμές των λογαρίθμων μεταφέρονται στον Πίνακα 1 στρογγυλοποιημένες.

Γράφοντας την εξίσωση Freundlich σε λογαριθμική μορφή προκύπτει η εξίσωση:

$$\log W = \log k + \left(\frac{1}{n}\right) \log C_{ισ}$$

, που ανάγεται σε εξίσωση γραμμής με μορφή $y = ax + b$ με:

$$y = \log W$$

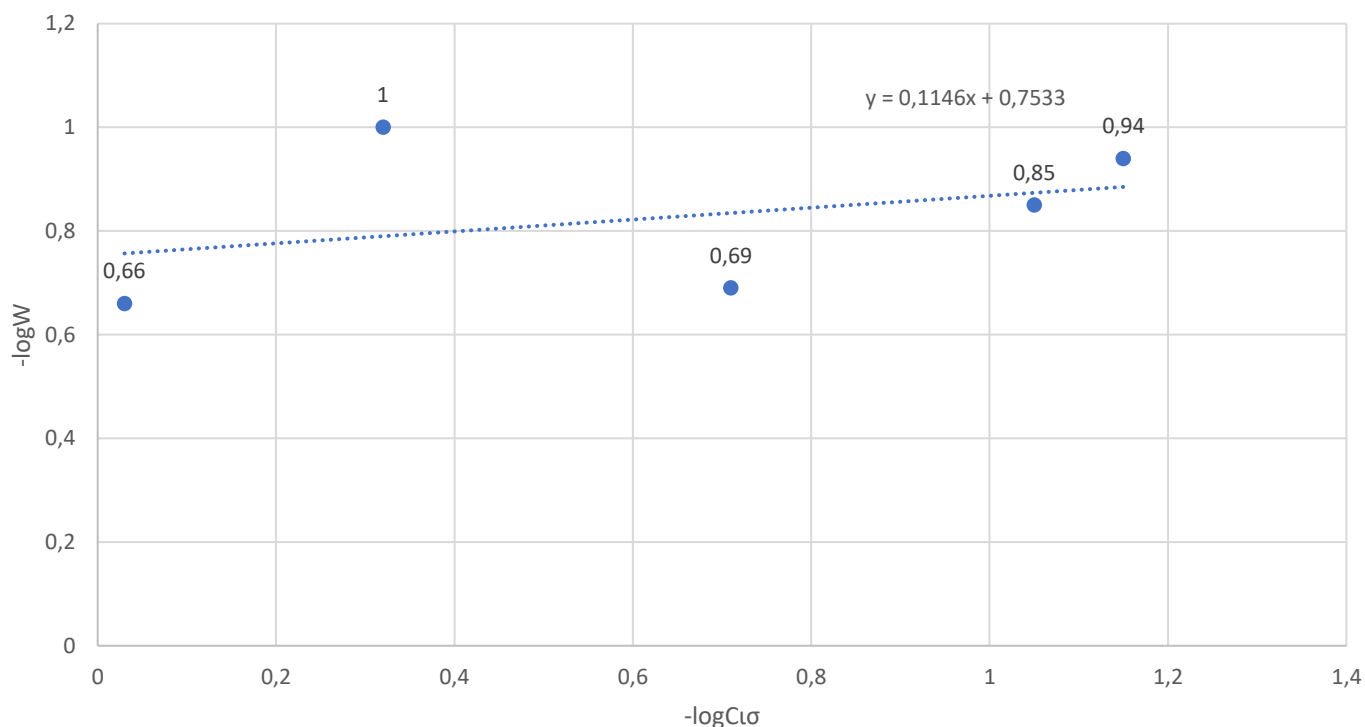
$$x = \log C_{ισ}$$

$$a = \frac{1}{n}$$

$$b = \log k$$

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων, με δεδομένα τις πειραματικές τιμές $\log W$ και $\log C_{ισ}$, προκύπτει το Διάγραμμα 1.

Διάγραμμα 1
 $\log(W) = \log(k) + (1/n)\log(C_{\text{ισ}})$



Η ευθεία των ελαχίστων τετραγώνων είναι: $y = 0,1146x + 0,7533$

Συγκρίνοντας την εξίσωση που προέκυψε με την ισόθερμη του Freundlich σε λογαριθμική μορφή, προκύπτει ότι:

$$\frac{1}{n} = 0,1146 \Rightarrow n = 8,73$$

$$-\log k = 0,7533 \Rightarrow k = 10^{-0,7533} \Rightarrow k = 0,176$$

Συμπεράσματα

Από την ανάλυση που προηγήθηκε αποδεικνύεται πειραματικά η προσρόφηση (εκλεκτική) των μορίων του οξικού οξέος στην επιφάνεια του ενεργού άνθρακα. Η ποσότητα προσροφόμενης μάζας οξέος ανά μάζα στερεού (W) που υπολογίστηκε για κάθε ένα από τα διαλύματα Α-Ε αναμένεται να περιέχει αισθητές αποκλίσεις από τη πραγματική. Αυτό οφείλεται στα εξής :

- Σε σφάλματα που δημιουργούνται από το στάδιο παρασκευής διαλυμάτων. Συγκεκριμένα, οι όγκοι απιονισμένου που χρησιμοποιήθηκαν αναμένεται να ήταν λίγο μικρότεροι των απαιτούμενων (αποκλίσεις της τάξεως μιας σταγόνας). Αίτιο αυτού είναι η ιδιαίτερη προσοχή που δόθηκε από τα μέλη της ομάδας να μην ξεπεράσει η στάθμη του υγρού το σημάδι στο ογκομετρικό δοχείο, που αναφερόταν στον όγκο 100ml, γεγονός που θα σήμαινε την επανάληψη της αραίωσης. Μικρή

αλλά αισθητή απώλεια ποσότητας όγκου εντοπίστηκε επίσης κατά τη μεταφορά ενός διαλύματος από την ογκομετρική φιάλη στην κωνική. Γενικά, σφάλματα που σχετίζονται με τη μεταφορά όγκων διαλυμάτων σε διάφορα στάδια του πειράματος αναμένεται να έχουν έντονη παρουσία στα δεδομένα του Πίνακα 1.

- **Σε σφάλματα που αφορούν την ογκομέτρηση του πρότυπου διαλύματος NaOH.**

Τόσο η εκτίμηση της ένδειξης πάνω στη προχοΐδα (που σε μεγάλο βαθμό σχετίζεται με την αντίληψη του παρατηρητή), όσο και ο επιπλέον όγκος NaOH που συνυπολογίστηκε στον απαιτούμενο για εξουδετέρωση, έχουν συμβάλει στα εν λόγω σφάλματα.

Ο επιπλέον όγκος βάσης για τον οποίο γίνεται λόγος αφορά τον μικρό όγκο υγρού που εξήλθε από τη προχοΐδα αφού είχε ήδη προηγηθεί το πέρας της ογκομέτρησης. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτός ο όγκος αποτελεί 1-2 σταγόνες βάσης ($\approx 0,1$ ml). Στη περίπτωση όμως της ογκομέτρησης του διαλύματος B, που ο πρόσθετος όγκος βάσης εκτιμάται μεγαλύτερος, κρίθηκε καθοριστικός για τον ορθότητα των αποτελεσμάτων. Η εκτίμηση του ΔV_{NaOH} για αυτή τη περίπτωση σίγουρα μεταφέρει σφάλματα στο σύνολο.

Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι η ποσότητα δείκτη φαινολοφθαλεΐνης που προστέθηκε στα διαλύματα οξέος πριν την ογκομέτρηση, ήταν 3 – 4 σταγόνες. Συνεπώς, το $V_{\text{τυφλού}}$ εκτιμάται μεγαλύτερο από 0,1ml.

- **Σε σφάλματα που σχετίζονται με τη τοποθέτηση της ποσότητας του ενεργού άνθρακα στα διαλύματα αλλά και τον χρόνο παραμονής του σε αυτά.**

Όσον αφορά την μάζα του ενεργού άνθρακα, η μέτρησή της με ακρίβεια δυο δεκαδικών δεν προσδίδει απόλυτη ακρίβεια. Κρίνεται όμως αρκετά ικανοποιητική για τα δεδομένα του πειράματος. Κύριο αίτιο εμφάνισης της απόκλισης μεταξύ αναγραφόμενης στην ετικέτα μάζα άνθρακα και αυτής που προστέθηκε πραγματικά στα δοχεία, είναι η διαφυγή μερικών κόκκων άνθρακα εκτός του στομίου του δοχείου κατά τη διαδικασία μεταφοράς. Τα παραπάνω όμως μπορούν να θεωρηθούν αμελητέα.

Αυτό που οδήγησε στη παρουσία μεγαλύτερων σφαλμάτων είναι το γεγονός ότι μετά το πέρας της ανάδευσης των διαλυμάτων δεν ακολούθησε διήθηση ώστε να απομακρυνθεί ο ενεργός άνθρακας (ή εναλλακτικά άμεση συλλογή των απαιτούμενων όγκων σε δοχεία ζέσεως). Ο διαχωρισμός του ζητούμενου όγκου διαλύματος από το αρχικό (που περιείχε τον ενεργό άνθρακα) γινόταν για κάθε διάλυμα στο τέλος της προηγούμενης ογκομέτρησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα τελευταία διαλύματα (Δ και Ε) να έχουν ευνοημένη προσρόφηση, καθώς αφέθηκαν για περισσότερο χρόνο. Το διάλυμα Ε εκτιμάται ότι παρέμεινε σε αλληλεπίδραση με ενεργό άνθρακα 20 λεπτά παραπάνω από το Α.

- **Σε σφάλματα που οφείλονται σε στρογγυλοποιήσεις κατά την επεξεργασία των δεδομένων για τη συμπλήρωση του πίνακα 1.**

Αναφορικά με τις σταθερές της ισόθερμης Freundlich, n και k , η ακρίβεια των τιμών τους εξαρτάται από την ακρίβεια της ευθείας που προκύπτει από τη Μ.Ε.Τ., την οποία επηρεάζουν οι λόγοι που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Παρατηρώντας το Διάγραμμα 1 μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η ακρίβεια της ευθείας είναι αρκετά καλή (σε

σχέση με τα δεδομένα και τον σκοπό του εργαστηρίου), καθώς τα σημεία δεν βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις από αυτή. Το σημείο που εμφανίζει μεγαλύτερη απόσταση από την ευθεία (στον y άξονα) είναι αυτό που αντιστοιχεί στις μετρήσεις του διαλύματος Β. Το παραπάνω ήταν αναμενόμενο, και οφείλεται στη διαισθητική προσέγγιση που χρειάστηκε να γίνει για το V_{NaOH} , λόγω λάθους που έγινε στο εργαστήριο. Από το διάγραμμα γίνεται αντιληπτό ότι ο πραγματικός όγκος V_{NaOH} που χρειάστηκε για την ογκομέτρηση του Β είναι μικρότερος των 9,5 ml, ώστε το $-\log(W)$ να προκύψει μικρότερο.

Σε κάθε περίπτωση, οι τιμές που προέκυψαν για τις σταθερές k και n κρίνονται ικανοποιητικές. Η τιμή του δεύτερου βρέθηκε μεγαλύτερη της μονάδας, όπως ήταν αναμενόμενο.