ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Vol 6, No 1 (2023)

Open Schools Journal for Open Science - Special Issue -Πρακτικά του «3ου Μαθητικού Συνεδρίου Έρευνας και Επιστήμης»

Μελέτη χημικών και φυσικών ιδιοτήτων υδατικών διαλυμάτων χαμηλής συγκέντρωσης

Σπύρος Αργυρόπουλος , Αποστόλης Ασκούνης , Δημήτρης Κασσιμάτης , Βασίλης Καντακουζηνός , Μαρία Κορωνιού , Χριστίνα Κουκίου , Άννα Κουρούκλη , Αλεξάνδρα Κουρούκλη , Μαριάννα Ρήγου, Φωτεινή Σοφού, Μιλτιάδης Τσόλας , Γιάννης Φανίδης , Κατερίνα Χαρίτου, Maria Diakonou, Χρυσή Αγγελίδου

doi: 10.12681/osj.32536

Copyright © 2023, Σπύρος Αργυρόπουλος , Αποστόλης Ασκούνης , Δημήτρης Κασσιμάτης , Βασίλης Καντακουζηνός , Μαρία Κορωνιού , Χριστίνα Κουκίου , Άννα Κουρούκλη , Αλεξάνδρα Κουρούκλη , Μαριάννα Ρήγου, Φωτεινή Σοφού, Μιλτιάδης Τσόλας , Γιάννης Φανίδης , Κατερίνα Χαρίτου, Maria Diakonou, Χρυσή Αγγελίδου

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

To cite this article:

Αργυρόπουλος Σ., Ασκούνης Α., Κασσιμάτης Δ., Καντακουζηνός Β., Κορωνιού Μ., Κουκίου Χ., Κουρούκλη Ά., Κουρούκλη Α., Ρήγου Μ., Σοφού Φ., Τσόλας Μ., Φανίδης Γ., Χαρίτου Κ., Diakonou, M., & Αγγελίδου Χ. (2023). Μελέτη χημικών και φυσικών ιδιοτήτων υδατικών διαλυμάτων χαμηλής συγκέντρωσης. *Open Schools Journal for Open Science*, *6*(1). https://doi.org/10.12681/osj.32536

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 20/02/2026 15:35:54

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 20/02/2026 15:35:54

Μελέτη χημικών και φυσικών ιδιοτήτων υδατικών διαλυμάτων χαμηλής συγκέντρωσης

Αργυρόπουλος Σ., Ασκούνης Α. , Κασσιμάτης Δ., Καντακουζηνός Β., Κορωνιού Μ., Κουκίου Χ., Κουρούκλη Άννα, Κουρούκλη Αλεξάνδρα, Ρήγου Μ., Σοφού Φ., Τσόλας Μ., Φανίδης Γ., Χαρίτου Α.
Πρότυπο ΓΕΛ Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης,
lykevsch@sch.gr

Επιβλέπουσες Καθηγήτριες: Δρ. Χρυσή Αγγελίδου[1], Δρ. Μαρία Διακόνου[2]
[1]ΠΕΟ4.02, Πρότυπο ΓΕΛ Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης
[2]ΠΕΟ4.01, Πρότυπο ΓΕΛ Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης
cagelidou@gmail.com, diakonou.m@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των ηλεκτρολυτών σε μεγάλες αραιώσεις παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αφού διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη ρύθμιση και την πραγματοποίηση των κυτταρικών λειτουργιών σε όλα τα βιολογικά συστήματα.

Στην εργασία αυτή μελετάμε τη συμπεριφορά του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας υδατικών διαλυμάτων τριών αλάτων (όξινου, βασικού και ουδέτερου) από συγκεντρώσεις 1M μέχρι εξαιρετικά μικρές συγκεντρώσεις (10^{-8}M και 10^{-24}M). Αν και η συμπεριφορά του pH ήταν η αναμενόμενη η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσιάζει ενδιαφέρουσες αυξομειώσεις.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: *υδατικά διαλύματα, ηλεκτρική αγωγιμότητα, ηλεκτρολύτες, pH*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό διαδραματίζει αναμφισβήτητα πρωταγωνιστικό ρόλο σε κάθε βιολογικό σύστημα, αφενός μεν γιατί αποτελεί το κύριο αναντικατάστατο συστατικό όλων των μονοκυττάρων και πολυκυττάρων οργανισμών, αφετέρου δε γιατί η έναρξη και η διατήρηση της ζωής οφείλονται στη μοναδική ικανότητα του να διαλύει ουσίες και να τις διατηρεί υπό μορφή κολλοειδούς συστήματος διασποράς. Η εξαιρετική διαλυτική ικανότητα του νερού οφείλεται σε δύο κυρίως παράγοντες: στη μεγάλη διηλεκτρική σταθερά (ε = 81,7) και τη μεγάλη τιμή της διπολικής του ροπής (1,8 Debye) που καθορίζουν τις φυσικοχημικές ιδιότητες των διαλυμάτων.

Μια από τις ιδιότητες των υδατικών διαλυμάτων είναι ότι αποτελούν το βασικό μεταφορικό μέσο θρεπτικών ουσιών τόσο για τους φυτικούς οργανισμούς (αγωγός φυτικός ιστός, ξύλωμα) όσο και για τους ζωικούς (κυκλοφορία αίματος).

Ιδιαίτερα τα υδατικά διαλύματα ηλεκτρολυτών παρέχουν ιόντα στα έμβια όντα , τα οποία συντελούν στην πραγματοποίηση των ηλεκτρικών φαινομένων των κυττάρων , απαραίτητα για τη λειτουργία τους, όπως: το δυναμικό ηρεμίας (πόλωση) της κυτταρικής μεμβράνης, οι νευρικές ώσεις, ο έλεγχος της κίνησης των μυών από ηλεκτρικά σήματα και η ηλεκτρική διέγερση της καρδιάς. Για την υλοποίηση αυτών των λειτουργιών απαιτούνται υδατικά διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης, διαφορετικής οξύτητας και διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η μελέτη λοιπόν των φυσικοχημικών ιδιοτήτων υδατικών διαλυμάτων ηλεκτρολυτών μας διευκολύνει να κατανοήσουμε τις πολύπλοκες διαδικασίες που συμβαίνουν

σε κάθε κύτταρο για να διατηρηθεί στη ζωή.

Η μελέτη αυτών των φυσικοχημικών ιδιοτήτων αραιών και πυκνών υδατικών διαλυμάτων με στόχο τον εντοπισμό διαφορών και ομοιοτήτων είναι το αντικείμενο της παρούσης εργασίας. Στόχος μας ήταν να μελετηθούν συνήθεις χημικές και φυσικές ιδιότητες (pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα) με χρήση κατάλληλων οργάνων μέτρησης σε υδατικά διαλύματα ανόργανων και οργανικών ουσιών, ξεκινώντας από μεγάλες συγκεντρώσεις διαλυμένης ουσίας και καταλήγοντας σε εξαιρετικά μικρές συγκεντρώσεις.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Α1. Επιλογή αλάτων

Οι ουσίες που χρησιμοποιήσαμε στα πειράματά μας είναι:

- το χλωριούχο αμμώνιο ($NH_4Cl \rightarrow$ όξινο άλας),
- το τρυγικό καλιονάτριο ($C_4H_4O_6KNa \rightarrow$ βασικό άλας) και
- το νιτρικό νάτριο ($NaNO_3 \rightarrow$ ουδέτερο άλας)

Τα άλατα αυτά υπάρχουν στη φύση το μεν χλωριούχο αμμώνιο ως σπάνιο ορυκτό σε αποθέσεις κοντά σε ηφαίστεια, το τρυγικό καλιονάτριο ως το πλέον διαδεδομένο οξύ φρούτων με έντονες πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες (δηλαδή παράγει ηλεκτρική τάση όταν βρίσκεται υπό μηχανική πίεση) και το νιτρικό νάτριο, γνωστό και ως νίτρο της Χιλής, ως ισχυρό οξειδωτικό που χρησιμοποιείται ευρέως στα λιπάσματα. Το έδαφος είναι πλούσιο σε ιόντα αμμωνίου και νιτρικά ιόντα, τα οποία παράγονται από την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης και απορροφούνται από τα φυτά, καθώς συμβάλλουν σημαντικά στην ανάπτυξή τους.

Επίσης, τα άλατα αυτά υπήρχαν στο εργαστήριο, αποτελούν ένα δείγμα από κάθε κατηγορία άλατος και περιλαμβάνουν οργανικές και ανόργανες ουσίες έτσι ώστε οι μετρήσεις και τα συμπεράσματά μας να είναι πιο αντικειμενικά. Θα θέλαμε επίσης να επισημάνουμε ότι οι μετρήσεις μας έγιναν την περίοδο του εγκλεισμού και δεν είχαμε τη δυνατότητα αγοράς των ουσιών που αρχικά είχαμε επιλέξει.

Α2. pH υδατικών διαλυμάτων ηλεκτρολυτών

Το pH ορίζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της αριθμητικής τιμής της συγκέντρωσης των ιόντων οξωνίων (H_3O^+) σε ένα υδατικό διάλυμα:

$$pH = - \log[H_3O^+] \qquad (1)$$

Ανάλογα ορίζουμε και το pOH ως τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της αριθμητικής τιμής της συγκέντρωσης των ιόντων υδροξυλίου (OH^-)

$$pOH = - \log [OH-]$$

Το χημικώς καθαρό νερό παρουσιάζει αυτοϊοντισμό σύμφωνα με το σχήμα

$$2H_2O \leftrightarrows H_3O^+ + OH^- \qquad (2)$$

Η χημική ισορροπία της αντίδρασης χαρακτηρίζεται από τη σταθερά της διάστασης του νερού K_{eq}, η οποία βάσει του νόμου της δράσης των μαζών είναι ίση με:

$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{H_2O}$$

Συνήθως, αντί για τη σταθερά K_{eq}, επειδή η μοριακότητα του νερού στα υδατικά διαλύματα είναι σταθερή και ίση με 55,55 mol/L (1 L $\rightarrow$1000 g και 1000/18 = 55,55 mol H_2O) χρησιμοποιούμε το γινόμενο 55,5. $K_{eq} = K_w$, που είναι γνωστό σαν γινόμενο των ιόντων του νερού (ή σταθερά διάστασης) ίσο με:

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] \qquad (3)$$

και λογαριθμίζοντας παίρνουμε ότι:

$$pH + pOH = pK_w \qquad (4)$$

Η σταθερά διάστασης του νερού στους 25° C είναι ίση με $1{,}0\times10^{-14}$ και γνωρίζοντας από την (2) ότι το χημικώς καθαρό νερό περιέχει σε ίσες ακριβώς ποσότητες ιόντα οξωνίων και υδροξυλίων καταλήγουμε ότι για το νερό pH = pOH = 7

Με βάση αυτά τα στοιχεία χαρακτηρίζουμε τα υδατικά διαλύματα ως όξινα, βασικά και ουδέτερα:

- *όξινο* θεωρείται το διάλυμα αν $[H_3O^+] > [OH^-]$ οπότε pH < pOH και στους 25° C *pH < 7,*
- *ουδέτερο* θεωρείται το διάλυμα αν $[H_3O^+] = [OH^-]$ οπότε pH = pOH και στους 25° C *pH = 7*
- *βασικό* θεωρείται το διάλυμα αν $[H_3O^+] < [OH^-]$ οπότε pH > pOH και στους 25° C *pH > 7.*

Με αύξηση της θερμοκρασίας μετατοπίζεται η κλίμακα του pH με συνέπεια ουδέτερο να μην θεωρείται πλέον το διάλυμα με pH = 7.

Το pH των κυττάρων δεν είναι σταθερό αλλά διαφοροποιείται τόσο ανά οργανίδιο όσο και ανά κύτταρο διευκολύνοντας ή εμποδίζοντας κυτταρικές λειτουργίες. Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικά παραδείγματα για τα κύτταρα των θηλαστικών:

- pH κυττάρων εξωτερικά: 7,4 και εσωτερικά: 7,2.
- pH ανθρώπινου αίματος ελαφρώς αλκαλικό (7,35 – 7,45).
- Η ανώτερη στοιβάδα του δέρματος (κεράτινη) έχει έναν μανδύα με pH: 4,5 - 6 (μέση τιμή 5,5 - 5,6) με αποτέλεσμα ένα ελαφρώς όξινο περιβάλλον.

Αλλά και για τα ενδοκυττάρια οργανίδια:

- pH κυτταροπλάσματος : 6,8-7,2
- pH μιτοχονδρίων : 7,5-8
- pH πυρήνων : 7-7,5
- pH όξινων κυτταρικών οργανιδίων (π.χ. Λυσσοσώματα): 4,5-6,4

Α3. Ηλεκτρική αγωγιμότητα ηλεκτρολυτών

Ένα διάλυμα προβάλλει αντίσταση στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, αντιστρόφως ανάλογη προς τη συγκέντρωσή του σε ιόντα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα διαλύματος είναι μια έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Σε μεταλλικό ηλεκτρικό αγωγό μήκους l και διατομής S η αντίσταση δίνεται από την εξίσωση:

$$R = \rho\frac{l}{S} \qquad (5)$$

όπου ρ η ειδική αντίσταση του αγωγού εξαρτώμενη μόνον από το υλικό του αγωγού.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα G ενός αγωγού ορίζεται ως το αντίστροφο της αντίστασης R του αγωγού:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{S}{\rho\cdot l} \qquad (6)$$

Για αγωγούς που ισχύει ο νόμος του Ohm η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι το πηλίκο του ρεύματος i που διαρρέει το κύκλωμα προς την διαφορά δυναμικού V που εφαρμόζεται στα άκρα του αγωγού. Στην περίπτωση ηλεκτρολυτικού αγωγού, που τοποθετείται σε δοχείο με ηλεκτρόδια, ο λόγος l/S είναι ο λόγος της απόστασης δύο αντιδιαμετρικά τοποθετημένων ηλεκτροδίων προς τη διατομή τους.

Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα σ είναι χαρακτηριστική του υλικού ενός αγωγού, ισούται με το αντίστροφο της ειδικής αντίστασης ρ:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R}\cdot\frac{S}{l} \qquad (7)$$

Μονάδες αγωγιμότητας στο SI είναι το S (Siemens) [Ω^{-1}], αλλά χρησιμοποιείται αι η TDS που συνδέει την περιεκτικότητα σε Ολικά Διαλυτά Στερεά με τη διέλευση του ρεύματος. Μονάδες ειδικής αγωγιμότητας στο SI είναι το S/m ($\Omega^{-1}m^{-1}$) αλλά συνηθέστερα χρησιμοποιείται η υποδιαίρεση μS/cm (1 μS/cm = 10^{-4} S/m)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα διαλύματος εξαρτάται από τη συγκέντρωση ιόντων του διαλύματος, όπως και το pH, σε αντίθεση όμως με αυτό οφείλεται στην κίνηση όλων των ιόντων του διαλύματος, θετικών και αρνητικών. Εξαρτάται κυρίως από την ευκινησία των ιόντων και το πλήθος τους. Ο Kohlrausch απέδειξε πειραματικά ότι στην αγωγιμότητα ενός διαλύματος κάθε ιόν συμβάλλει χωριστά (*νόμος ανεξάρτητης όδευσης των ιόντων: κάθε ιόν συμβάλλει χωριστά στην αγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος*).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την αγωγιμότητα διαλύματος είναι το σθένος των ιόντων, η κινητικότητά τους, η ακτίνα τους αλλά και χαρακτηριστικά του διαλύματος, όπως ο διαλύτης και το ιξώδες, που είναι ένα μέτρο των τριβών μεταξύ των ιόντων και των μορίων του διαλύματος που εμποδίζουν την κίνηση τους. Η αγωγιμότητα εξαρτάται πολύ και από τη θερμοκρασία αφού μεταβολή της θερμοκρασίας κατά 1° C μεταβάλλει την ηλεκτρική αγωγιμότητα κατά 2%.

Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα στα κύτταρα παρουσιάζει μεγάλες αλλαγές. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στην κυτταρική μεμβράνη παίρνει τιμές από 8 μS/cm έως 5×10^{3} μS/cm, στην πυρηνική μεμβράνη $8{,}3\times10^{3}$-7×10^{5} μS/cm, στο κυτταρόπλασμα $3{,}3\times10^{6}$-11×10^{8} μS/cm ενώ στον πυρήνα φτάνει τα 25×10^{6} -22×10^{8} μS/cm.

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Β1. Παρασκευή διαλυμάτων

Ένα χρονοβόρο και κρίσιμο μέρος της πειραματικής διαδικασίας ήταν η παρασκευή των διαλυμάτων . Για να παρασκευάσουμε τα διαλύματα υπολογίσαμε την μάζα που χρειαζόμαστε για συγκέντρωση 1 M. Σύμφωνα με την σχέση c = n/V που ορίζεται η Molarity (*mol διαλυμένης ουσίας σε 1L διαλύματος*) για να έχουμε 150 mL διαλύματος 1 M πρέπει να χρησιμοποιήσουμε 0,15 mol άλατος. Έτσι για κάθε άλας έχουμε:

- χλωριούχο αμμώνιο (NH_4Cl): 1 mol = 53,5 gr $\Rightarrow$ 0,15 mol = 8,025 gr
- τρυγικό καλιονάτριο ($C_4H_4O_6KNa$) : 1 mol = 210 gr $\Rightarrow$ 0,15 mol = 31,5 gr
- νιτρικό νάτριο ($NaNO_3$) : 1 mol = 85 gr $\Rightarrow$ 0,15 mol = 12,75 gr

Μετρήσαμε το στερεό με ζυγαριά ακριβείας εκατοστών του γραμμαρίου και περίπου 200ml απιονισμένο νερό. Σε ογκομετρικό σωλήνα των 250 ml τοποθετήσαμε το άλας και προσθέσαμε απιονισμένο νερό μέχρι την ένδειξη 150 ml, ανακατέψαμε καλά με ηλεκτρικό αναδευτήρα και τοποθετήσαμε το διάλυμα σε πλαστικό φιαλίδιο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε και για τα τρία επιλεγμένα άλατα.

Στη συνέχεια από το αρχικό διάλυμα συγκέντρωσης 1 M κάθε άλατος αραιώσαμε ώστε να φτάσουμε σε υποδεκαπλάσια συγκέντρωση 0,1 M. Πιο συγκεκριμένα από το διάλυμα συγκέντρωσης 1M λάβαμε 15 ml με την βοήθεια σιφωνίου πλήρωσης και στην συνέχεια αραιώσαμε μέχρι όγκο 150 ml σε ογκομετρικό κύλινδρο, οπότε σύμφωνα με τη σχέση:

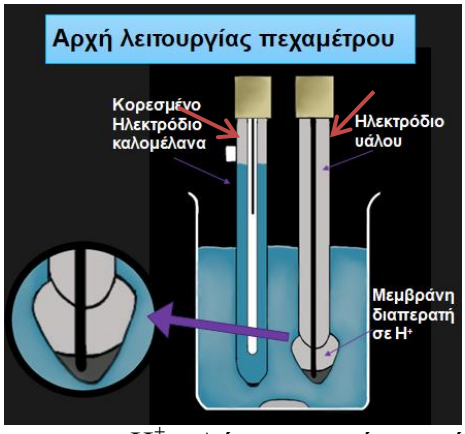
$$c_1 V_1 = c_2 V_2 \qquad (8)$$

πήραμε διάλυμα 0,1 M. Με συνεχείς αραιώσεις καταλήξαμε σε συγκέντρωση 10^{-24} M.

Τέλος, επειδή, όπως προαναφέραμε, τόσο το pH όσο και η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα εξαρτώνται από την θερμοκρασία , χρησιμοποιήσαμε λουτρό θερμότητας ώστε τα διαλύματα να είναι στους 25 °C.

Β2. Μέτρηση pH

Η μέτρηση του pH έγινε με τη βοήθεια πεχαμέτρου. Το πεχάμετρο είναι ένα είδος βολτόμετρου και μετράει την τάση μεταξύ δύο ηλεκτροδίων. Η λειτουργία του στηρίζεται στην ύπαρξη μιας γυάλινης μεμβράνης, διαπερατής σε ιόντα H^+. Στις δύο πλευρές της μεμβράνης αναπτύσσεται μία διαφορά δυναμικού λόγω της μετακίνησης κατιόντων H^+.



Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο διαλυμάτων που βρίσκονται το ένα μέσα στην ύαλο και το άλλο απ' έξω εξαρτάται από το pH τους δηλ. τη διαφορά τους ως προς την συγκέντρωση H^+. Έτσι αν το pH του εσωτερικού διαλύματος είναι γνωστό, από την μέτρηση της διαφοράς δυναμικού της μεμβράνης προσδιορίζεται το pH του εξωτερικού διαλύματος. Η μεμβράνη του πεχαμέτρου χωρίζει ουσιαστικά δύο διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης H^+. Λόγω του ότι από κατασκευής η ίδια είναι διαπερατή σε H^+ πραγματοποιείται ανταλλαγή ιόντων κατά μήκους της. Γνωρίζοντας τη συγκέντρωση H^+ του εσωτερικού διαλύματος, η διαφορά δυναμικού οφείλεται στην συγκέντρωση του εξωτερικού. Ως αποτέλεσμα αυτή μετράται σε mV από το πεχάμετρο και έπειτα μέσω μιας γραμμικής εξίσωσης μετατρέπεται σε τιμές pH που βλέπουμε στην οθόνη.

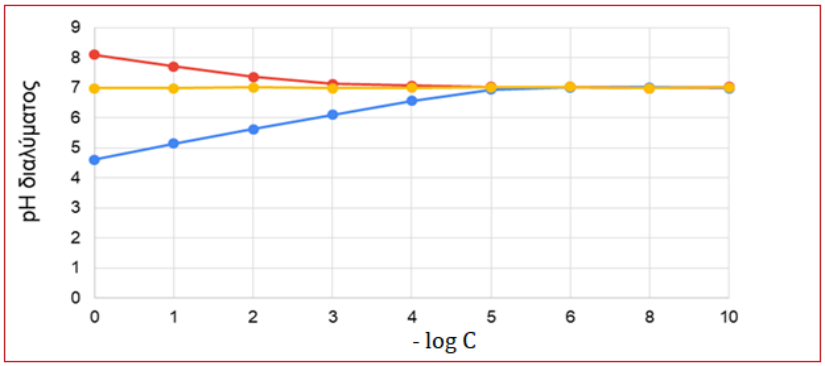
Για να είναι αξιόπιστες οι μετρήσεις μας πρέπει να γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου πριν από κάθε χρήση, με τη βοήθεια ρυθμιστικών διαλυμάτων (buffer).

Για τη μέτρηση του pH, χρησιμοποιήσαμε εξελιγμένο πεχάμετρο που διαθέτει αυτόματη αναγνώριση των ρυθμιστικών διαλυμάτων, αυτόματη αντιστάθμιση της θερμοκρασίας και GLP χαρακτηριστικά (Good Laboratory Practice) που εξασφαλίζουν την εγκυρότητα των τιμών pH, στη συνέχεια ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία:

1. Βαθμονομήσαμε το όργανο.
2. Εμβαπτίσαμε στο διάλυμα το συνδυασμένο ηλεκτρόδιο μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξη.
3. Καταγράψαμε την τελική τιμή του pH που αναγράφεται στην ψηφιακή οθόνη του πεχαμέτρου ύστερα από αυτόματη αναγωγή του διαλύματος σε σταθερή θερμοκρασία 25°C.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

C (M)	NH_4Cl	$C_4H_4O_6KNa$	$NaNO_3$
1	4,61	8,10	6,98
10^{-1}	5,14	7,71	6,99
10^{-2}	5,63	7,37	7,01
10^{-3}	6,10	7,13	6,98
10^{-4}	6,57	7,07	7,00
10^{-5}	6,94	7,03	7,02
10^{-6}	7,02	7,03	7,03
10^{-8}	7,01	6,99	6,99
10^{-10}	6,98	7,03	7,01
10^{-12}	7,01	7,01	7,03
10^{-14}	7,02	7,00	6,98
10^{-16}	7,00	7,01	7,01
10^{-18}	6,99	6,98	7,00
10^{-20}	7,01	7,01	7,02
10^{-22}	7,01	7,01	7,01
10^{-24}	6,97	7,01	6,99



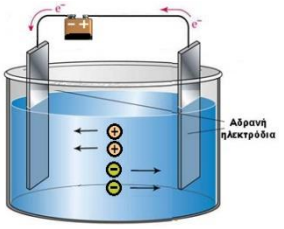
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων και ο υπολογισμός του pH των διαλυμάτων των τριών αλάτων φαίνονται στον ΠΙΝΑΚΑ 1 και στο ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 φαίνονται οι μεταβολές του pH των διαλυμάτων σε συνάρτηση με την συγκέντρωσή τους.

Για την καλύτερη απεικόνιση

των γραφικών παραστάσεων στον χ'χ άξονα κάναμε χρήση του αρνητικού δεκαδικού λογάριθμου της συγκέντρωσης (-logC) του κάθε άλατος γι' αυτό και οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βρίσκονται προς το 0 ενώ απομακρυνόμενοι από αυτό οι μικρότερες. Η κόκκινη καμπύλη απεικονίζει το τρυγικό καλιονάτριο που ως βασικό άλας σε μεγάλες συγκεντρώσεις έχει βασικό χαρακτήρα (pH > 7). Η κίτρινη καμπύλη απεικονίζει το νιτρικό νάτριο που ως ουδέτερο άλας έχει pH περίπου 7 ανεξαρτήτως της συγκέντρωσης του. Η μπλε απεικονίζει το χλωριούχο αμμώνιο, που είναι όξινο άλας και σε μεγάλες συγκεντρώσεις έχει όξινο χαρακτήρα, δηλαδή (pH < 7), ενώ το τρυγικό καλιονάτριο και το χλωριούχο αμμώνιο σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις κάνουν το pH του υδατικού τους διαλύματος σχεδόν ουδέτερο.

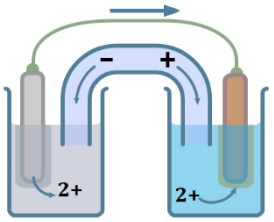
Β3. Μέτρηση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας

Συσκευή και κυκλώματα



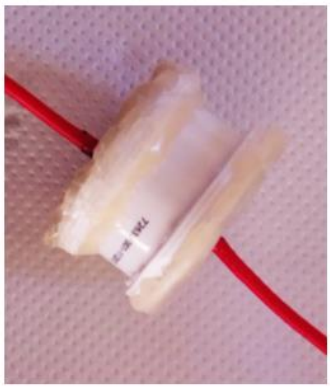
Αμπερομετρική μέθοδος

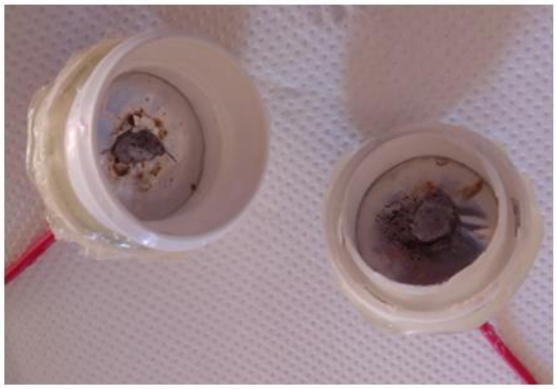
Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετράται με δύο κυρίως μεθόδους: την αμπερομετρική που στηρίζεται στον νόμο του Ohm και την ποτενσιομετρική. Η αμπερομετρική μέθοδος χρησιμοποιεί μία γνωστή διαφορά δυναμικού (V) σε δύο ηλεκτρόδια και μετράει το ρεύμα (I) που διαρρέεται μέσω αυτών. Σύμφωνα με τον νόμο του Ohm: I = V/R, επομένως όσο αυξάνεται η αγωγιμότητα τόσο αυξάνεται και το ρεύμα. Η μέθοδος αυτή συνιστάται για μετρήσεις διαλυμάτων με χαμηλό αριθμό ιόντων και ειδική αγωγιμότητα έως 2000 μS/cm, γιατί λόγω ηλεκτρόλυσης η επιφάνεια των ηλεκτροδίων μεταβάλλεται από την εναπόθεση αλάτων και κατά συνέπεια και η αντίσταση του αγωγού [σχέσεις (6) και (7)].

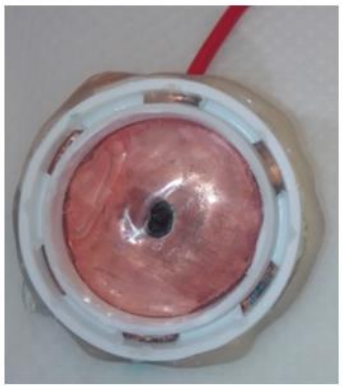


Η ποτενσιομετρική μέθοδος των 4 δακτυλίων εκμηδενίζει τα παραπάνω προβλήματα. Οι δύο ακραίοι δακτύλιοι εφαρμόζουν μια εναλλασσόμενη τάση και δημιουργούν ροή ρεύματος στο διάλυμα. Οι δύο εξωτερικοί δακτύλιοι, μετράνε την τάση που δημιουργείται από τη ροή ρεύματος στο διάλυμα, η οποία είναι ανάλογη της αγωγιμότητας του διαλύματος. Το υλικό μεταξύ των δακτυλίων εξασφαλίζει τη σωστή μόνωση, ώστε το ρεύμα να παραμένει σταθερό χωρίς απώλειες. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των 4 δακτυλίων, έχουμε τη δυνατότητα να μετράμε αγωγιμότητα σε διαλύματα έως 200.000 μS/cm (200 mS/cm).

Στη μελέτη μας χρησιμοποιήσαμε την αμπερομετρική μέθοδο. Για σωστές μετρήσεις με τη μέθοδο αυτή πρέπει η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων να παραμένει σταθερή και η βυθισμένη στο διάλυμα επιφάνειά τους σταθερή και αναλλοίωτη ώστε να μένει σταθερή και η αντίσταση του ηλεκτρολύτη. Για το λόγο αυτό, κατασκευάσαμε μία συσκευή, παίρνοντας 2 όμοια πλαστικά καπάκια με κενό διαμέτρου 2,3 cm και εξωτερική διάμετρο 2,8cm τα οποία

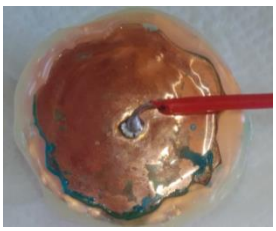


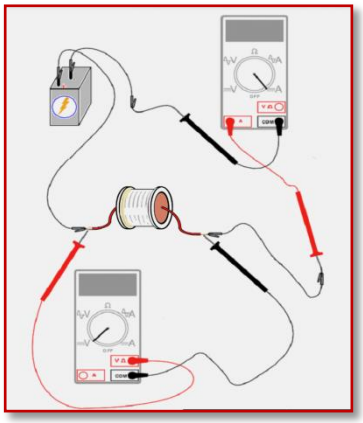




προσαρμόσαμε σε πλαστικό κύλινδρο ύψους 2,5 cm και διαμέτρου 2,3 cm που έδενε πολύ καλά με τα καπάκια. Στερεώσαμε το ένα καπάκι με σιλικόνη, για να είναι στεγανό, ενώ αφήσαμε το άλλο ελεύθερο, για να χορηγούμε τα διαλύματα. Τα κενά στα δύο καπάκια τα γεμίσαμε με φύλλα χαλκού για να λειτουργούν ως ηλεκτρόδια και χρησιμοποιώντας καλάι ενώσαμε καλώδια.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της συσκευής είναι η σταθερή απόσταση των ηλεκτροδίων, το σταθερό εμβαδόν των ηλεκτροδίων που έρχεται σε επαφή με το διάλυμα και η ποσότητα του διαλύματος που είναι ίδια σε κάθε μέτρηση, αφού γεμίζαμε τη συσκευή με τέτοιο τρόπο ώστε το διάλυμα να ξεχειλίζει. Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων συνδέσαμε τη συσκευή με μία πηγή, παρεμβάλλοντας σε σειρά ένα αμπερόμετρο και συνδέοντας παράλληλα ένα βολτόμετρο, (βλ. σχήμα). Με το πηλίκο της τάσης προς την ένταση υπολογίσαμε την αντίσταση βάση του νόμου του Ohm. Χρησιμοποιώντας πηγή συνεχούς τάσης παρατηρήσαμε μεγάλες αλλοιώσεις στα ηλεκτρόδια χαλκού λόγω ηλεκτρόλυσης, γι' αυτό δουλέψαμε με εναλλασσόμενη τάση, συχνότητας 0,4KHz και πλάτους 5V.





Βαθμονόμηση συσκευής. Μετρήσεις

Για τον υπολογισμό της ειδικής αγωγιμότητας χρησιμοποιούμε τον τύπο (7) όπου ο λόγος l/S αποτελεί τη σταθερά κ της συσκευής. Η κατασκευή της συσκευής επιτρέπει τον υπολογισμό του κ από τα γεωμετρικά της στοιχεία: $\kappa = 0{,}601 cm^{-1}$.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

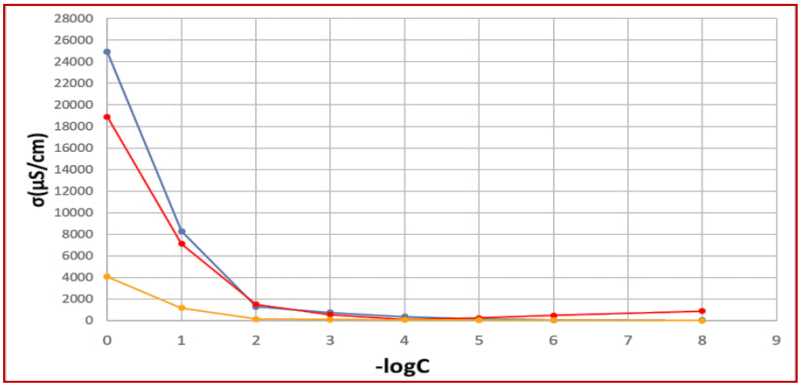
νερό	I (mA)	V (V)	σ(μS/cm)	σ_v (μS/cm)	σφάλμα
Κορπή	4,69	5,61	502	527	5%
Ζαγορί	3,81	5,97	384	395	3%
Σαμαρίνα	1,75	5,99	176	182	3%
Θεόνη	2,35	5,81	243	248	2%
Μαράτα	3,99	5,98	401	411	2%

Για να ελέγξουμε τη σωστή λειτουργία της συσκευής μετρήσαμε την ειδική αγωγιμότητα μεταλλικών νερών που αναγράφουν την αγωγιμότητά τους και τη θερμοκρασία που μετρήθηκε. Οι μετρήσεις, που έγιναν στους 25° C φαίνονται στον ΠΙΝΑΚΑ ΙΙ και από τη σύγκρισή τους με τις αναγραφόμενες τιμές στις συσκευασίες παρατηρούμε ότι η συσκευή παρουσιάζει μέσο σφάλμα 3%.

Οι μετρήσεις μας για τα τρία άλατα φαίνονται στον ΠΙΝΑΚΑ ΙΙΙ και στο ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΙ όπου η κόκκινη καμπύλη απεικονίζει το τρυγικό καλιονάτριο, η κίτρινη το νιτρικό νάτριο και η μπλε το χλωριούχο αμμώνιο.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

	NH_4Cl			$C_4H_4O_6KNa$			$NaNO_3$		
C (M)	**I (A)**	**V (V)**	**σ (μS/cm)**	**I (A)**	**V (V)**	**σ (μS/cm)**	**I (A)**	**V (V)**	**σ (μS/cm)**
1	0,2811	6,38	**24913**	0,2840	8,50	**18892**	0,0672	9,3	**4086**
10^{-1}	0,1054	7,2	**8277**	0,1120	8,90	**7116**	0,0193	9,3	**1173**
10^{-2}	0,0192	8,3	**1308**	0,0236	8,90	**1499**	0,0026	9,3	**158**
10^{-3}	0,0110	8,4	**740**	0,0089	9,00	**559**	0,0018	9,3	**109**
10^{-4}	0,0057	8,6	**375**	0,0020	9,00	**126**	0,0012	9,3	**73**
10^{-5}	0,0023	8,8	**148**	0,0041	9,00	**258**	0,0009	9,3	**55**
10^{-6}	0,0011	8,9	**70**	0,0076	9,00	**477**	0,0008	9,3	**49**
10^{-8}	0,0004	8,9	**25**	0,0142	9,00	**892**	0,0003	9,3	**16**



Το χλωριούχο αμμώνιο στις μεγάλες συγκεντρώσεις έχει πολύ υψηλή αγωγιμότητα η οποία μειώνεται πάρα πολύ καθώς το αραιώνουμε παραμένοντας όμως αισθητά μεγαλύτερη από την αγωγημότητα του απιονισμένου νερού. Το νιτρικό νάτριο όταν τείνει να γίνει ουδέτερο η ειδική του αγωγιμότητα τείνει να γίνει ίση με την αγωγιμότητα του απιονισμένου νερού. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το τρυγικό καλιονάτριο που στις μεγάλες συγκεντρώσεις έχει παρόμοια συμπεριφορά με το χλωριούχο αμμώνιο, αλλά στις μικρές η αγωγιμότητα του αυξάνει σημαντικά και πάλι αν και το διάλυμα τείνει να γίνει ουδέτερο.

Γ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόχος της εργασίας ήταν η μελέτη των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των υδατικών διαλυμάτων διαφόρων συγκεντρώσεων, εστιάζοντας στη μελέτη της συμπεριφοράς του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας από μεγάλες συγκεντρώσεις (1M) μέχρι εξαιρετικά μικρές συγκεντρώσεις (10^{-8}M). Δεδομένου ότι το pH και η ηλεκτρική αγωγιμότητα εξαρτώνται με παρόμοιο τρόπο από την συγκέντρωση περιμέναμε παρόμοια συμπεριφορά το οποίο επαληθεύεται μόνο στις μεγάλες συγκεντρώσεις.

Γενικά διαπιστώσαμε ότι το pH συμπεριφέρεται με έναν αναμενόμενο τρόπο, δηλαδή με την συνεχή αραίωση του διαλύματος αυτό τείνει να φτάσει στο pH του απιονισμένου νερού (pH=7). Ωστόσο, διαπιστώσαμε ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα αν και όσο μειώνεται η συγκέντρωση των ιόντων τόσο μειώνεται και αυτή, δεν φτάνει την αγωγιμότητα του απιονισμένου νερού. Ιδιαίτερα στο τρυγικό καλιονάτριο, από συγκεντρώσεις 10^{-4}M αρχίζει να αυξάνεται γεγονός που αποδίδεται στον ιοντισμό του, ως βασικό άλας, και την δημιουργία τρυγικών ανιόντων, τα οποία αντιδρούν με το νερό και παράγουν ανιόντα υδροξυλίου. Η συγκέντρωση των παραγόμενων ανιόντων υδροξυλίου είναι αμελητέα μέχρι μία συγκεκριμένη συγκέντρωση, από την οποία όμως και κάτω κυριαρχεί.

Θα θέλαμε, μόλις οι συνθήκες το επιτρέψουν, να συνεχίσουμε τη μελέτη μας, διερευνώντας τη συμπεριφορά και άλλων διαλυμάτων, ακόμα μεγαλύτερες αραιώσεις, αλλά και αναζητώντας καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων με τη χρήση πιο σύγχρονων μεθόδων παρατήρησης, όπως το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο SEM, η X-rays σκέδαση και η φασματοσκοπία NMR.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Σινάνης, Κ. Ν. 2015. Εργαστηριακές Ασκήσεις Διαχείρισης Εδαφών. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα-Κάλλιπος, Ηράκλειο Κρήτης.
- ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ-Ph eclass.gunet.gr › document › file.php › LABGU101
- Κ. Ν. Πολυδωρόπουλος, Εργαστηριακή Φυσικοχημεία, Β΄ Έκδοση, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 1987-88: σσ. 402-409, & Άσκηση 8α, σσ. 302-313.
- ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ «ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ»
- Αντώνη Καραντώνη, Βασικές Αρχές Ηλεκτροχημείας, ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ, ΕΜΠ

- Βερβερίδης Φίλιππος, «Χημεία υδατικών διαλυμάτων», Γεωργική Χημεία, Α' Εξάμηνο, ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
- Κ. Καμπάς, Ε. Πολυχρονιάδης, "Φυσική με εφαρμογές στις βιολογικές επιστήμες", Εκδ. Γιαχούδη
- R. K. Hobbie & B. J. Roth, "Intermediate Physics for Medicine and Biology", Springer
- R. Plonsey & R.C. Barr, "Bioelectricity: A Quantitative Approach", Springer Verlag
- http://jupiter.chem.uoa.gr/pchem/courses/labs/guide_III-1.pdf
- http://1ekfe-anatol.att.sch.gr/ChemLabGym/AGOGIMOTITA.pdf
- https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/
- http://photodentro.edu.gr/lor/handle/8521/10473
- http://195.134.76.37/old_site_10-7-2016/courses/Instrumental/instrumental_pHanim.htm
- https://www.goldwell.com/el-gr/ekpaideysi/hair-science/chemical-background/ph-value/
- http://lyk-artem.att.sch.gr/old_site/old/lab-biochemphys/Aclass-chem/acidbaseaction.htm
- http://www.analyticalchemistry.uoc.gr/files/items/6/618/agwgimometria_3.pdf
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiEwvbR9ZTvAhUzoVwKHS7zC5kQFjAAegQIARAD&url=https%3A%2F%2Fpubchem.ncbi.nlm.nih.gov%2Fcompound%2FTartrate&usg=AOvVaw3C96a508g_pFp2NUzWIIek
http://ekfechalandr.att.sch.gr/RealLabWorkSheets/Chemistry/Lyceum_A/ApostolopoulosMeasuringSolutionElectricalConductivity.pdf

-