



ΤΟΜΕΑΣ Ι: ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ
ΧΗΜΕΙΑΣ

ΜΑΘΗΜΑ: ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 14: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Ομάδα: Α10

Πειραματικό μέρος

Μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων με ηλεκτροχημικές μεθόδους ανάλυσης



Εικόνα 1. Πειραματική διάταξη 1^{ου} πειράματος



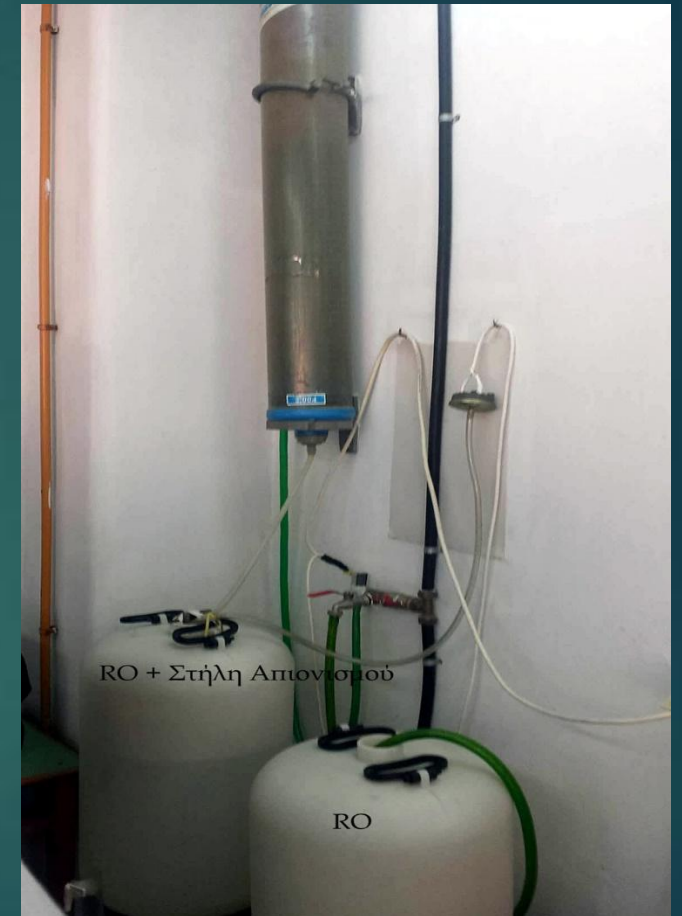
Εικόνα 2. Πειραματική διάταξη 2^{ου} πειράματος

Πείραμα 1: Προσδιορισμός αγωγιμότητας (conductivity – TDS) σε διάφορα νερά

3

Σκοπό του πειράματος αποτελεί ο προσδιορισμός της αγωγιμότητας στα εξής πέντε δείγματα νερού:

- Απιονισμένο νερό μέσω αντίστροφης ώσμωσης (RO) και στήλης απιονισμού
- Απιονισμένο νερό RO
- Εμπορικό δείγμα εμφιαλωμένου νερού ΑΥΡΑ
- Νερό λέσχης Ε.Μ.Π.
- Νερό Ε.Μ.Π.



Εικόνα 3. Στήλες RO και Απιονισμού

Πείραμα 1: Προσδιορισμός αγωγιμότητας (conductivity – TDS) σε διάφορα νερά

4

Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ιοντόμετρο, το οποίο συνίσταται από δύο κατακόρυφες πλάκες οι οποίες παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα, κινώντας τα ιόντα του νερού.



Εικόνα 4. Πειραματική διάταξη ιοντόμετρου

Βαθμονόμηση οργάνου

5

Κατά τη βαθμονόμηση, ρυθμίζεται και προσαρμόζεται το ιοντόμετρο στις επιθυμητές τιμές βάσει της κατάστασης του δείγματος του νερού (πόσιμο ή μη).

- ▶ Η αγωγιμότητα του πρότυπου διαλύματος μετρήθηκε ίση με $84,4 \mu\text{S}/\text{cm}$ και το όργανο εν τέλει ρυθμίστηκε για τα δύο πρώτα δείγματα (απιονισμένα νερά) στα $84 \mu\text{S}/\text{cm}$.
- ▶ Για τα υπόλοιπα δείγματα (πόσιμο νερό), χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό πρότυπο ώστε να έχει παραπλήσια αγωγιμότητα με αυτά. Η αγωγιμότητα του πρότυπου διαλύματος μετρήθηκε $1417 \mu\text{S}/\text{cm}$ και το ιοντόμετρο ρυθμίστηκε στα $1413 \mu\text{S}/\text{cm}$.



Εικόνες 5,6. Βαθμονομήσεις οργάνου με πρότυπα διαλύματα 84 και $1413 \mu\text{S}/\text{cm}$ αντίστοιχα



Μέτρηση 1^η: Απιονισμένο νερό RO και στήλης

6

Μετρούμενη αγωγιμότητα: 6,19 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Βιβλιογραφικά βρέθηκαν οι παρακάτω τιμές αγωγιμότητας για την ποιότητα του νερού:

Πίνακας 1. Χαρακτηρισμός του νερού βάσει της αγωγιμότητας

| Αγωγιμότητα ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | Ποιότητα νερού |
|---|------------------|
| 0,0555-0,1 | Ultra pure water |
| 0,2-1 | Pure water |
| 2-50 | Purified water |

Βάσει του πίνακα 1, συμπεραίνεται ότι το συγκεκριμένο νερό ανήκει στην κατηγορία του purified water.

Κατόπιν, τα ηλεκτρόδια του οργάνου ξεπλένονται με απιονισμένο νερό και σκουπίζονται.



Εικόνα 7. Μέτρηση απιονισμένου νερού περασμένο από RO και στήλη.

Μέτρηση 2^η: Απιονισμένο νερό RO

7

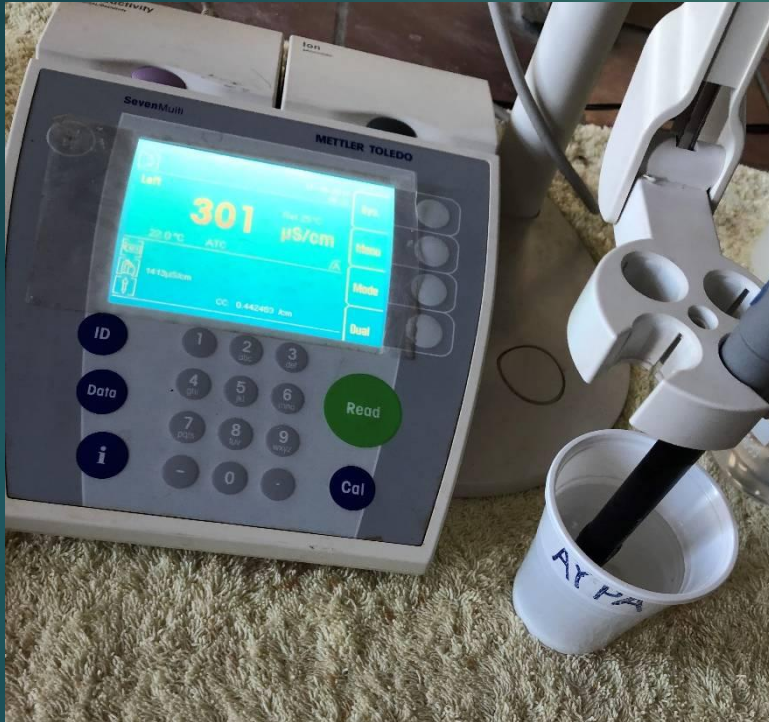


Εικόνα 8. Μέτρηση απιονισμένου νερού περασμένο από στήλη

- ▶ Μετρούμενη τιμή: 33,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ▶ Από τον πίνακα 1 της προηγούμενης διαφάνειας, συμπεραίνεται ότι το νερό ανήκει στην κατηγορία των Purified waters.

Μέτρηση 3^η: Νερό ΑΥΡΑ

8



Εικόνα 9. Μέτρηση νερού ΑΥΡΑ

- ▶ Αφού έγινε η δεύτερη βαθμονόμηση, πραγματοποιήθηκαν οι υπόλοιπες μετρήσεις των δειγμάτων.
- ▶ Μετρούμενη τιμή: 301 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Μέτρηση 3^η: Νερό ΑΥΡΑ

Υπολογισμός TDS

- ▶ Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) είναι το σύνολο των διαλυμένων ουσιών μέσα στο νερό με μέγεθος μικρότερο από 2μm
- ▶ Αποτελούνται κυρίως από τα ανθρακικά άλατα, τα χλωρίδια, τα θειικά άλατα, τα φωσφορικά άλατα, τα νιτρικά άλατα, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο, το σίδηρο κλπ.
- ▶ Δεν περιλαμβάνουν αέρια, κολλοειδή και γενικά όσα στοιχεία έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από 2 μm
- ▶ Η αγωγιμότητα (κ) συνδέεται με τη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) με τη σχέση:

$$\text{TDS} = \text{TDS factor} * \kappa_{25}^{\circ \text{C}} \quad (1)$$

Όπου:

- ❖ TDS factor = συντελεστής αναλογίας
- ❖ $\kappa_{25}^{\circ \text{C}}$ = αγωγιμότητα στους 25 °C

Μέτρηση 3: Νερό ΑΥΡΑ

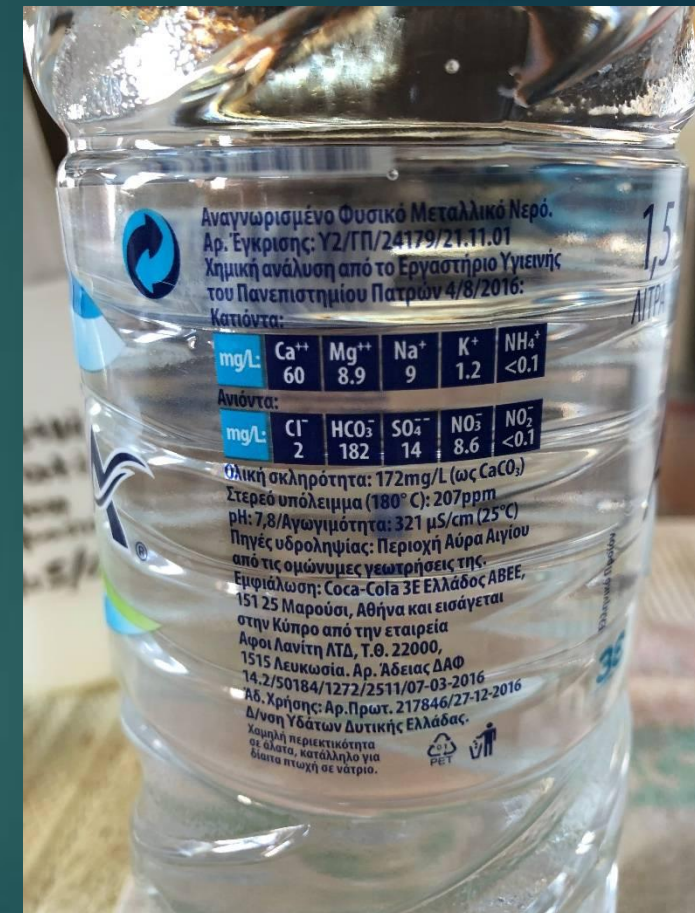
Υπολογισμός TDS

10

- ▶ Ο TDS factor του οργάνου δεν είναι ακριβής
- ▶ Από τον τύπο (1) στην προηγούμενη διαφάνεια υπολογίζεται ο TDS factor με τα δεδομένα του κατασκευαστή και στη συνέχεια το TDS

Πίνακας 2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των υπολογισμών για το νερό ΑΥΡΑ.

| Νερό ΑΥΡΑ | Αποτελέσματα από ιοντόμετρο | Αποτελέσματα από κατασκευαστή |
|---|-----------------------------|-------------------------------|
| $\kappa_{25}^0 \text{C}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 301 | 321 |
| TDS factor | 0,44 | 0,65 |
| TDS (mg/L) | 132 | 207 |



Εικόνα 10. Στοιχεία νερού ΑΥΡΑ από κατασκευαστή

Μέτρηση 3^η: Νερό ΑΥΡΑ

11

- ▶ Επομένως τα πραγματικά TDS είναι ίσα με 195,65 mg/L
- ▶ Η απόκλιση της τιμής αυτής από την αναγραφόμενη (207 mg/L) πιθανότατα οφείλεται σε εσφαλμένη βαθμονόμηση του οργάνου
- ▶ Ένα (πόσιμο) νερό είναι γευστικά αποδεκτό όταν το TDS βρίσκεται περίπου μεταξύ 100 και 250 ppm ^[1]
- ▶ Σύμφωνα με τα παραπάνω πίνακα, το νερό ΑΥΡΑ είναι εύγευστο
- ▶ Το ηλεκτρόδιο καθαρίζεται πάλι και ακολουθεί η επόμενη μέτρηση

Μέτρηση 4^η: Νερό λέσχης Ε.Μ.Π.

12



Εικόνα 11. Μέτρηση νερού από την λέσχη του Ε.Μ.Π.

- ▶ Μετρούμενη τιμή: 741 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ▶ Υπολογίζεται το TDS

Πίνακας 3. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα υπολογισμών για το νερό της λέσχης του Ε.Μ.Π.

| Νερό λέσχης ΕΜΠ | Αποτελέσματα από ιοντόμετρο |
|--|-----------------------------|
| $\kappa_{25}^0 \text{C}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 741 |
| TDS (mg/L) | 326,04 |
| TDS factor | 0,44 |

- ▶ Καθαρίζεται και πάλι το ηλεκτρόδιο και ακολουθεί η τελευταία μέτρηση

Μέτρηση 5^η: Νερό Ε.Μ.Π

13



Εικόνα 12. Μέτρηση νερού βρύσης από τα εργαστήρια του Ε.Μ.Π.

- ▶ Μετρούμενη τιμή: 690 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- ▶ Υπολογίζεται το TDS

Πίνακας 4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των υπολογισμών για το νερό του Ε.Μ.Π.

| Νερό ΕΜΠ | Αποτελέσματα από το ιοντόμετρο |
|--|--------------------------------|
| $\kappa_{25}^0 \text{C}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 690 |
| TDS (mg/L) | 303,60 |
| TDS factor | 0,44 |

Συζήτηση Αποτελεσμάτων

14

- ▶ Το TDS του νερού ΕΜΠ και αυτό της λέσχης του είναι οριακά πάνω από 600 mg/L, θεωρείται σχετικά εύγευστο.
- ▶ Ο συντελεστής TDS factor που χρησιμοποιεί το όργανο είναι αποδεκτός, αφού δεν έχουμε άλλη τιμή του για την οποία είμαστε βέβαιοι, όπως στην περίπτωση του νερού ΑΥΡΑ.
- ▶ Το πόσιμο νερό, θεωρείται καλής ποιότητας, όταν η ποσότητα των ολικών διαλυμένων στερεών είναι < 500 ppm.
- ▶ Άρα, το νερό Αύρα μπορεί να θεωρηθεί καλής ποιότητας ως πόσιμο νερό.
- ▶ Το νερό Ε.Μ.Π., όπως και της λέσχης του Ε.Μ.Π. είναι μέσα στα αποδεκτά όρια αγωγιμότητας για τα δίκτυα ύδρευσης της Ελλάδας (< 5000 ppm).^[1]

Συζήτηση Αποτελεσμάτων

15

- ▶ Συγκρίνοντας τις αγωγιμότητες των πέντε νερών, παρατηρείται ότι: απιονισμένο RO+στήλη<απιονισμένο RO<Αύρα< ΕΜΠ<ΕΜΠ λέσχη. Αυτό είναι λογικό, καθώς στο απιονισμένο νερό έχουν αφαιρεθεί σχεδόν όλα τα ιόντα του (Na^+ , Ca^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-} κ.λ.π) και επομένως αυτό θα έχει τη χαμηλότερη αγωγιμότητα. Το εμφιαλωμένο νερό, σε αντίθεση με το νερό βρύσης του ΕΜΠ και της λέσχης, φέρει μικρότερες ποσότητες Cu^{2+} , Pb^{2+} και άλλων μετάλλων ρύπανσης, καθώς το εμφιαλωμένο δεν ρέει σε σωληνώσεις οι οποίες μπορεί να υποστούν διάβρωση απελευθερώνοντας μέταλλα.
- ▶ Σημειώνεται ότι αναλόγως της εποχής εμφιάλωσης του νερού μπουκάλι, επηρεάζεται και η αγωγιμότητά του.

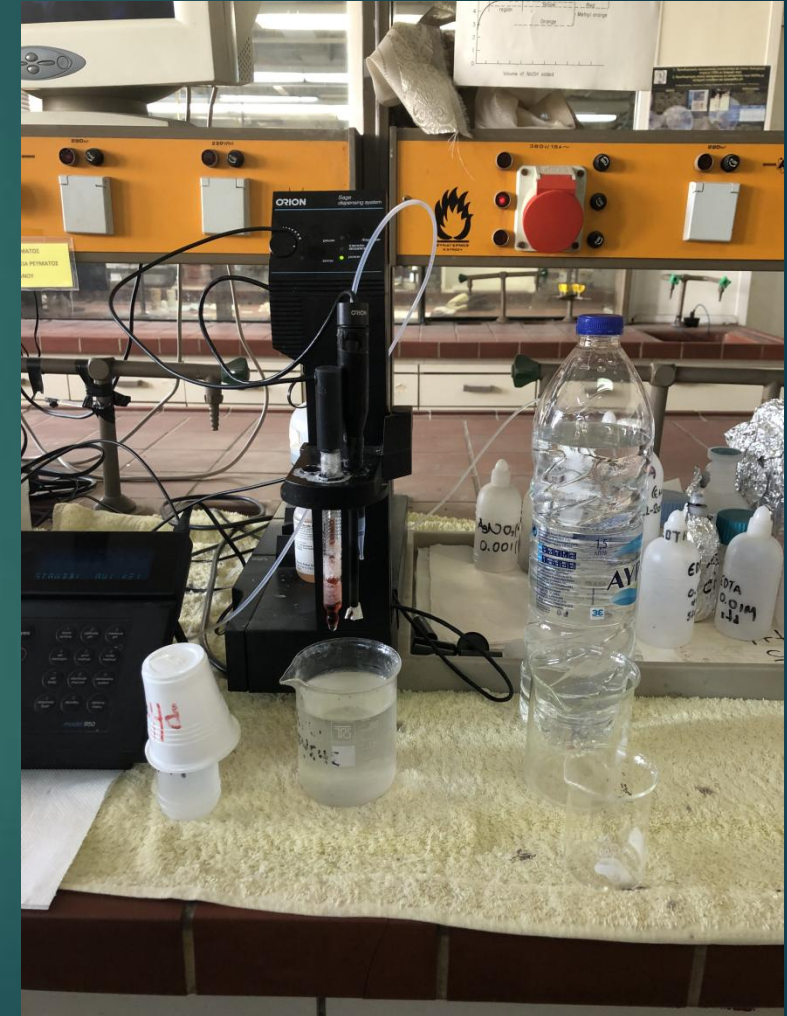
Πείραμα 2: Προσδιορισμός pH και ολικής σκληρότητας σε επιτραπέζιο νερό εμπορικής μάρκας ΑΥΡΑ

16

Σκοπός του πειράματος είναι ο προσδιορισμός της ολικής σκληρότητας του νερού ΑΥΡΑ με πεχαμετρία και χρήση αυτόματου τιτλοδότη Orion.

Η κεφαλή του αυτόματου τιτλοδότη αποτελείται από τα εξής μέρη:

- ▶ Ηλεκτρόδιο για τη μέτρηση του pH
- ▶ Αυτόματο αναδευτήρα
- ▶ Ηλεκτρονική προχοΐδα



Εικόνα 13. Πειραματική διάταξη αυτόματου τιτλοδότη Orion.

Αρχικές Παράμετροι

17

Τιτλοδότης: διάλυμα EDTA 0.01 M

Δείγμα: 50 mL νερού ΑΥΡΑ

Βήμα τιτλοδότη: 0,5 mL

Χρόνος ανάδευσης: 5 sec

Έναρξη τιτλοδότησης: 0 mL

Βαθμονόμηση οργάνου

- ▶ Το pH του νερού ΑΥΡΑ μετρήθηκε και βρέθηκε ίσο με 7,4.
- ▶ Το όργανο ρυθμίστηκε στην τιμή pH=7.

Ισοδύναμο Σημείο (θεωρητικός υπολογισμός)

18

Η σκληρότητα του νερού σε ppm δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Σκληρότητα(ppm)} = 1000 * a/b$$

Όπου:

a: ο όγκος του EDTA σε mL

b: ο όγκος του δείγματος νερού σε mL

Υπολογίζεται ο θεωρητικός όγκος του EDTA που χρειάζεται στο ισοδύναμο σημείο (πλήρης αντίδραση με τα ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+}), χρησιμοποιώντας τη σκληρότητα του νερού που αναγράφεται στο μπουκάλι

- ▶ $172 \text{ ppm} = 1000 * a / (50 \text{ mL}) \rightarrow a = 8,60 \text{ mL EDTA}$
- ▶ Άρα $V(\text{Ι.Σ.}) = 8,60 \text{ mL EDTA}$

Πειραματική Διαδικασία

19

- ▶ 50 mL νερού ΑΥΡΑ φέρονται εντός ποτηριού ζέσης με χρήση σιφωνίου των 50 mL
- ▶ Προστίθενται λίγες σταγόνες δείκτη EBT (μέλαν εριοχρώμα T)
- ▶ Καθαρίζεται η κεφαλή του αυτόματου τιτλοδότη με απιονισμένο νερό
- ▶ Τα μέλη της καταβυθίζονται στο νερό ΑΥΡΑ
- ▶ Ξεκινάει η μέτρηση

Σημειώνεται ότι πραγματοποιήθηκαν δύο ογκομετρήσεις. Στην 1^η, το πρότυπο διάλυμα προστίθεται στάγδην, προκειμένου να εντοπιστεί κατά προσέγγιση το τελικό σημείο (1ο στάδιο πειράματος). Στη 2^η, προστίθεται εξ αρχής κάποια ποσότητα EDTA και στη συνέχεια προστίθεται στάγδην με μικρότερο βήμα προκειμένου να γίνει ακριβέστερος ο προσδιορισμός του τελικού σημείου (2^ο στάδιο πειράματος).



Εικόνα 14. Πειραματική διάταξη αυτόματου τιτλοδότη Orion

Πίνακας 6. Αποτελέσματα πειράματος (1^ο στάδιο)

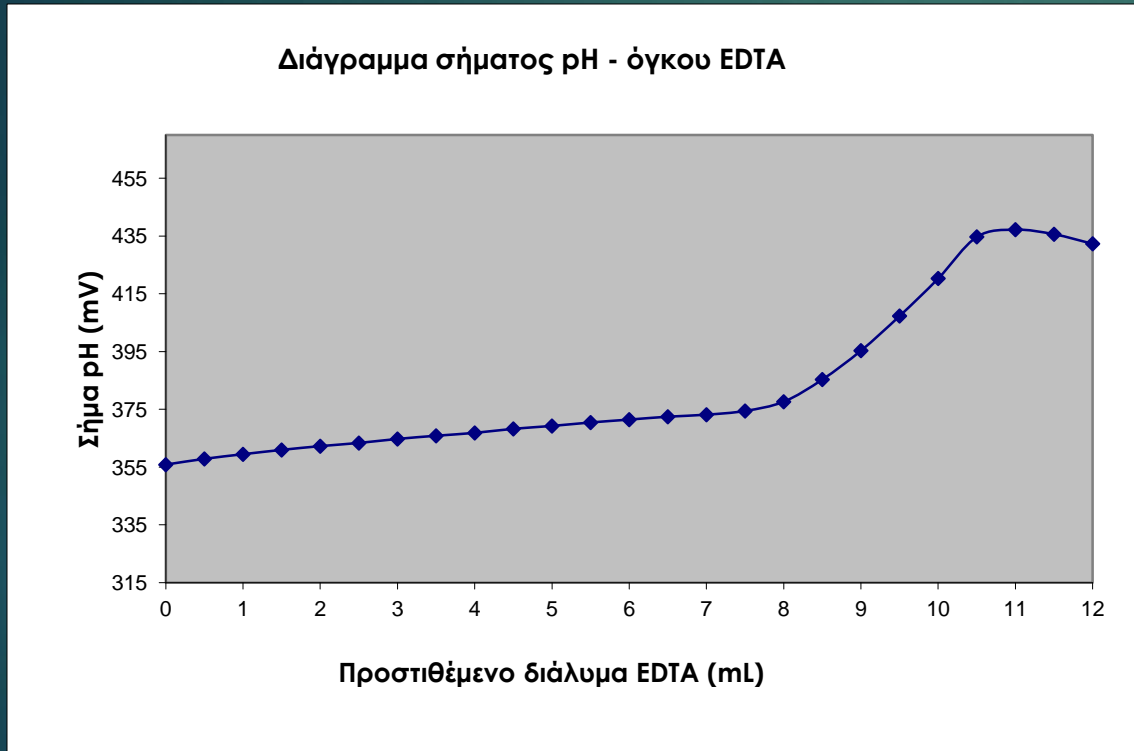
20

| Όγκος τιτλοδότη EDTA (mL) | Σήμα pH (mV) |
|---------------------------|--------------|
| 0 | 355,8 |
| 0,5 | 357,8 |
| 1 | 359,4 |
| 1,5 | 360,9 |
| 2 | 362,2 |
| 2,5 | 363,3 |
| 3 | 364,7 |
| 3,5 | 365,8 |
| 4 | 366,8 |
| 4,5 | 368,2 |
| 5 | 369,2 |
| 5,5 | 370,4 |
| 6 | 371,4 |
| 6,5 | 372,4 |
| 7 | 373,1 |

| Όγκος τιτλοδότη EDTA (mL) | Σήμα pH (mV) |
|---------------------------|--------------|
| 7,5 | 374,4 |
| 8 | 377,6 |
| 8,5 | 385,3 |
| 9 | 395,3 |
| 9,5 | 407,3 |
| 10 | 420,3 |
| 10,5 | 434,7 |
| 11 | 437,2 |
| 11,5 | 435,6 |
| 12 | 432,3 |
| 12,5 | 429 |
| 13 | 426,5 |
| 13,5 | 426,3 |
| 14 | 424,4 |
| 14,5 | 422,4 |

Επεξεργασία αποτελεσμάτων (1^ο στάδιο)

21



- ▶ Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 6 σχεδιάζεται το διάγραμμα 1.
- ▶ Παρατηρούμε ότι το σήμα αρχικά αυξάνεται (δηλαδή το pH) μέχρι να μεγιστοποιηθεί στην τιμή 11.
- ▶ Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το EDTA είναι βάση, οπότε το pH του νερού αυξάνεται. Μετά το τελικό σημείο, η καμπύλη ξεκινά να κατεβαίνει.

Διάγραμμα 1. Γραφική παράσταση του σήματος συναρτήσει της προστιθέμενης ποσότητας EDTA.

Συζήτηση αποτελεσμάτων πίνακα 6

22

- ▶ Από τον προηγούμενο πίνακα συμπεραίνεται ότι, βάσει αυτής της μέτρησης, το τελικό σημείο της ογκομέτρησης εντοπίζεται κατά την προσθήκη 11 mL πρότυπου διαλύματος EDTA.
- ▶ Προκειμένου να γίνει ακριβέστερη μέτρηση, επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία:
 - αλλάζοντας το βήμα του τιτλοδότη σε 0,2 mL
 - λαμβάνοντας ως σημείο εκκίνησης των μετρήσεων τα 7 mL

Πίνακας 7. Αποτελέσματα πειράματος (2^ο στάδιο).

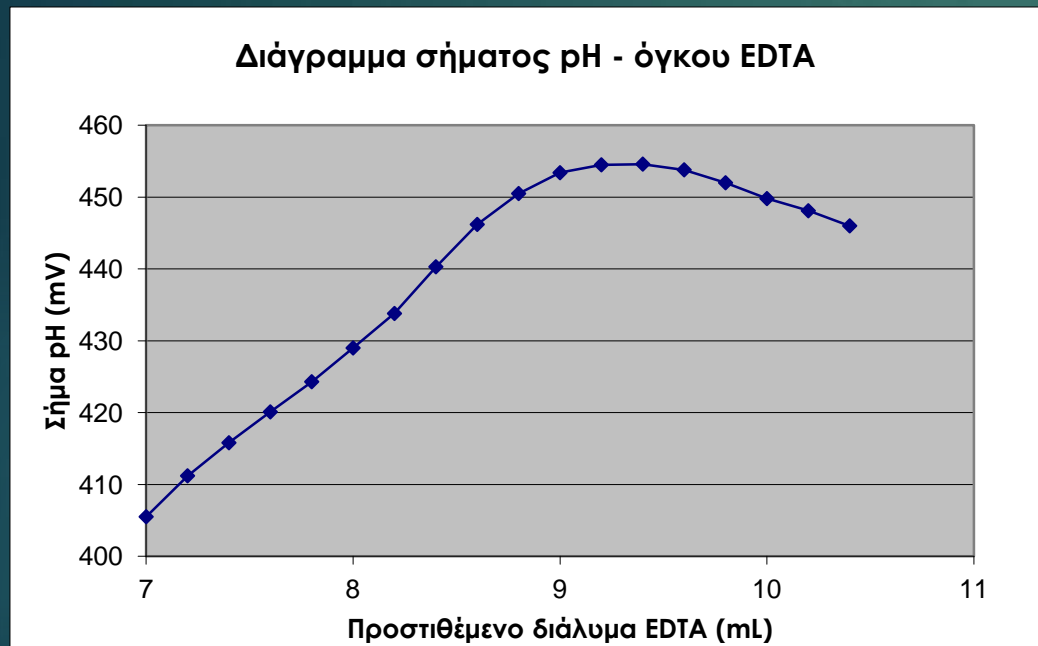
23

| Όγκος τιτλοδότη EDTA (mL) | Σήμα pH (mV) |
|---------------------------|--------------|
| 7 | 405,5 |
| 7,2 | 411,2 |
| 7,4 | 415,8 |
| 7,6 | 420,1 |
| 7,8 | 424,3 |
| 8 | 429 |
| 8,2 | 433,8 |
| 8,4 | 440,3 |
| 8,6 | 446,2 |

| Όγκος τιτλοδότη EDTA (mL) | Σήμα pH (mV) |
|---------------------------|--------------|
| 8,8 | 450,5 |
| 9 | 453,4 |
| 9,2 | 454,5 |
| 9,4 | 454,6 |
| 9,6 | 453,8 |
| 9,8 | 452 |
| 10 | 449,8 |
| 10,2 | 448,1 |
| 10,4 | 446 |

Επεξεργασία αποτελεσμάτων (2^ο στάδιο)

24



Διάγραμμα 2. Γραφική παράσταση του σήματος συναρτήσει της προστιθέμενης ποσότητας EDTA.

- ▶ Αντίστοιχα με βάση τις τιμές του προηγούμενου πίνακα σχεδιάζεται το διάγραμμα 2.
- ▶ Άρα, το τελικό σημείο παρατηρείται με μεγαλύτερη ευκρίνεια λίγο μετά την προσθήκη 9 mL EDTA.

Σύγκριση αποτελεσμάτων 1^{ου} και 2^{ου} σταδίου της πειραματικής διαδικασίας

- ▶ Συγκρίνοντας τους πίνακες 6 και 7 συμπεραίνεται ότι υπάρχει μεγάλη απόκλιση στον προσδιορισμό του τελικού σημείου (προσθήκη 11 mL και 9,4 mL EDTA αντίστοιχα).
- ▶ Βάσει του θεωρητικού υπολογισμού, το ισοδύναμο σημείο εντοπίζεται μετά την προσθήκη 8,60 mL EDTA, οπότε γίνεται αντιληπτό ότι η δεύτερη μέτρηση είναι πολύ πιο ακριβής από την πρώτη.
- ▶ Προφανώς, στην 1^η μέτρηση υπεισέρχεται σίγουρα κάποιο τυχαίο σφάλμα κατά τη διεξαγωγή του πειράματος. Πιθανόν να παραλήφθηκε εσφαλμένη ποσότητα ογκομετρούμενου διαλύματος (>50 mL), αφού το τελικό σημείο εντοπίστηκε πολύ αργότερα.
- ▶ Προκειμένου να γίνει πιο ευδιάκριτος ο προσδιορισμός του τελικού σημείου, υπολογίζεται η πρώτη παράγωγος του σήματος ως προς τον όγκο του EDTA.

Πίνακας 8. Επεξεργασία αποτελεσμάτων (1^ο στάδιο)

26

| Όγκος τιτλοδότη EDTA (mL) | d(mV)/d(mL) |
|---------------------------|-------------|
| 0,25 | - |
| 0,75 | 3,2 |
| 1,25 | 3 |
| 1,75 | 2,6 |
| 2,25 | 2,2 |
| 2,75 | 2,8 |
| 3,25 | 2,2 |
| 3,75 | 2 |
| 4,25 | 2,8 |
| 4,75 | 2 |
| 5,25 | 2,4 |
| 5,75 | 2 |
| 6,25 | 2 |
| 6,75 | 1,4 |

| Όγκος τιτλοδότη EDTA (mL) | d(mV)/d(mL) |
|---------------------------|-------------|
| 7,25 | 2,6 |
| 7,75 | 6,4 |
| 8,25 | 15,4 |
| 8,75 | 20 |
| 9,25 | 24 |
| 9,75 | 26 |
| 10,25 | 28,8 |
| 10,75 | 5 |
| 11,25 | -3,2 |
| 11,75 | -6,6 |
| 12,25 | -6,6 |
| 12,75 | -5 |
| 13,25 | -0,4 |
| 13,75 | -3,8 |
| 14,25 | -4 |

Πίνακας 9. Επεξεργασία αποτελεσμάτων (2^ο στάδιο)

27

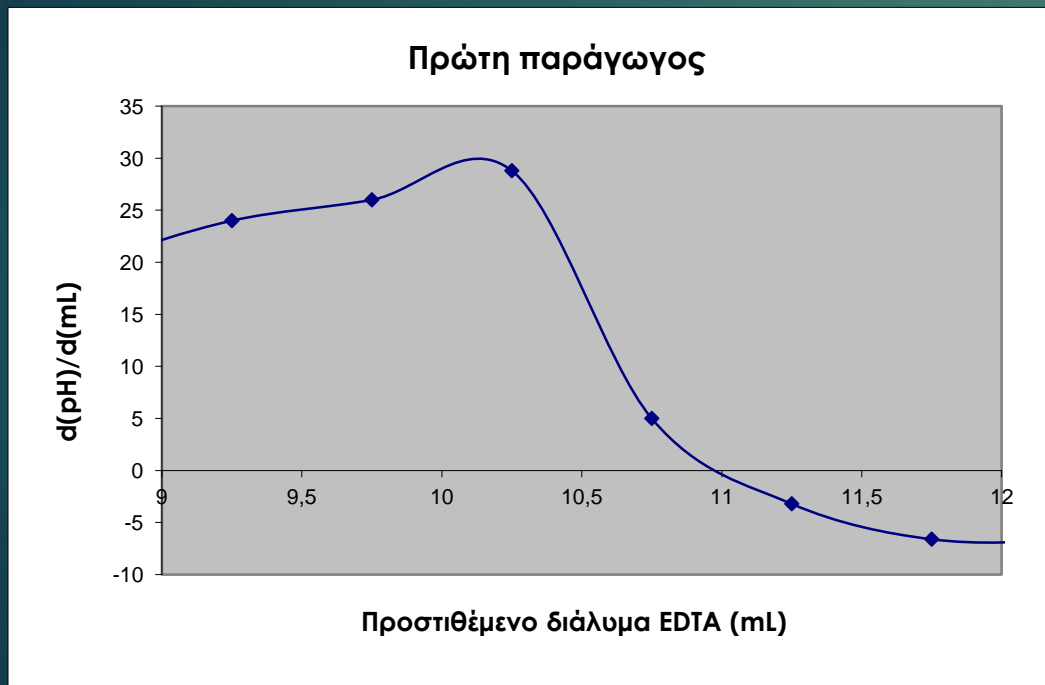
| Όγκος τιτλοδότη – EDTA (ml) | d(Σήμα pH)/ dV (mV) |
|-----------------------------|---------------------|
| 7,1 | 28,5 |
| 7,3 | 23 |
| 7,5 | 21,5 |
| 7,7 | 21 |
| 7,9 | 23,5 |
| 8,1 | 24 |
| 8,3 | 32,5 |
| 8,5 | 29,5 |

| Όγκος τιτλοδότη – EDTA (ml) | d(Σήμα pH)/ dV (mV) |
|-----------------------------|---------------------|
| 8,7 | 21,5 |
| 8,9 | 14,5 |
| 9,1 | 5,5 |
| 9,3 | 0,5 |
| 9,5 | -4 |
| 9,7 | -9 |
| 9,9 | -11 |
| 10,1 | -8,5 |
| 10,3 | -10,5 |

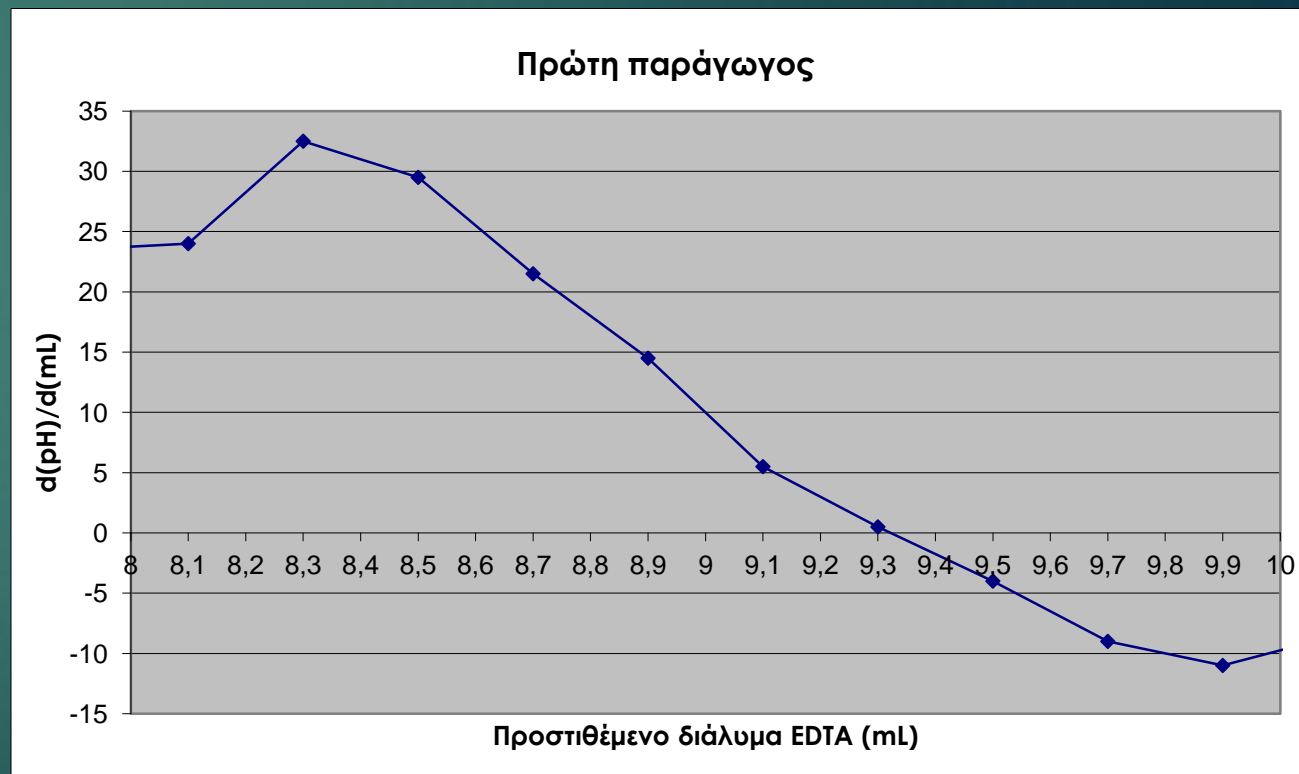
Επεξεργασία αποτελεσμάτων.

28

Γραφικές παραστάσεις των πρώτων παραγώγων του σήματος συναρτήσει της προστιθέμενης ποσότητας EDTA κατά τα δύο στάδια του πειράματος.



Διάγραμμα 3. Γράφημα 1^{ου} σταδίου πειράματος.



Διάγραμμα 4. Γράφημα 2^{ου} σταδίου πειράματος.

- ▶ Όπως φαίνεται από τα προηγούμενα διαγράμματα, και ειδικότερα από το διάγραμμα 4, συμπεραίνεται ότι το τελικό σημείο εμφανίζεται όταν προστεθούν λίγα παραπάνω από 9,3 mL EDTA.

- Για 9,32 mL EDTA, προκύπτει:

$$\text{Σκληρότητα (ppm)} = 1000 * \frac{9,32}{50} \approx 186,4 \text{ ppm}$$

Σχόλια- Παρατηρήσεις

30

Πίνακας 10. Χαρακτηρισμός του νερού βάσει της σκληρότητας [2]

| ppm | Χαρακτηρισμός |
|---------|--------------------|
| 0-70 | πολύ μαλακό νερό |
| 70-150 | μαλακό νερό |
| 150-250 | κάπως σκληρό νερό |
| 250-320 | αρκετά σκληρό νερό |
| 320-420 | σκληρό νερό |
| >420 | πολύ σκληρό νερό |

- ▶ Έτσι, με βάση τη παραπάνω κατηγοριοποίηση, το νερό **ΑΥΡΑ** μπορεί να χαρακτηριστεί ως **κάπως σκληρό νερό**.
- ▶ Συγκρίνοντας τη μέτρηση με την αναγραφόμενη τιμή σκληρότητας στο μπουκάλι του νερού (172 ppm) παρατηρείται ότι υπάρχει απόκλιση της τάξης των 12 ppm. Η διαφορά μπορεί να οφείλεται σε σφάλματα όπως η λήψη εσφαλμένης ποσότητας ογκομετρούμενου διαλύματος.

Πίνακας 11. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

31

| ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΝΕΡΩΝ | ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (ppm) | TDS (ppm) |
|-------------------------------|--|---------------------|--------------|
| ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ RO+ΣΤ ΗΛΗ | 6,19 | - | - |
| ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ RO | 33,9 | - | - |
| ΦΥΣΙΚΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΝΕΡΟ ΑΥΡΑ | 301 | 186,4 | 132 |
| ΝΕΡΟ ΕΜΠ | 690 | - | 326,04 |
| ΝΕΡΟ ΛΕΣΧΗΣ ΕΜΠ | 741 | - | 303,6 |