

Εισαγωγή στις εργαστηριακές πρακτικές στην Διαχείριση και Τεχνολογία πόσιμου νερού και υγρών αποβλήτων

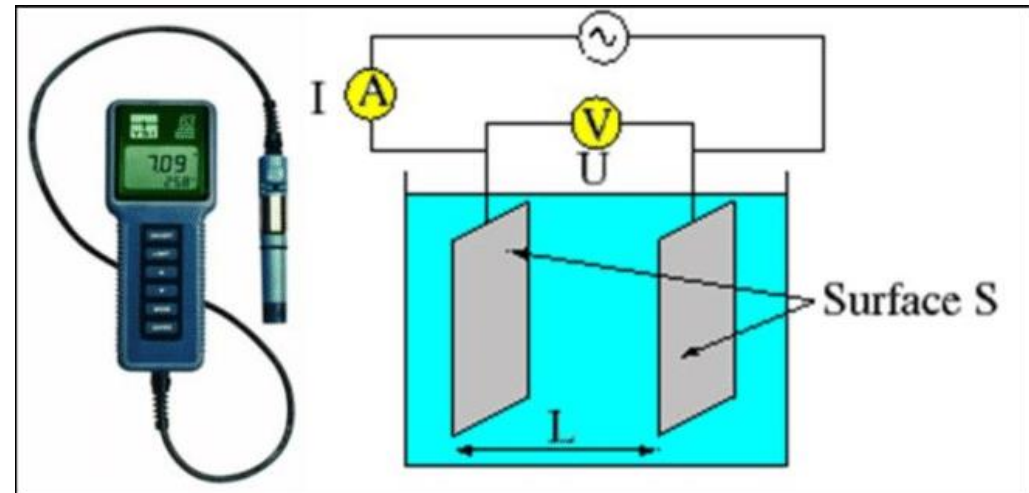
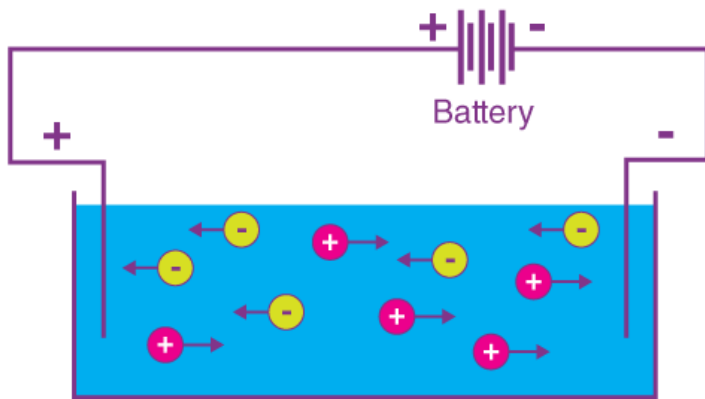
Μέτρηση αγωγιμότητας

Καθηγητής Π. Μελίδης
ΥΔ Α. Μακρή

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Διαχείρισης και Τεχνολογίας
Υγρών Αποβλήτων

Αγωγιμότητα

1. Αρχή μέτρησης
2. Κατασκευή του αγωγιμόμετρου
3. Ρύθμιση
4. Μετρήσεις δειγμάτων



Αρχή μέτρησης της αγωγιμότητας

Ένα ηλεκτρικό ρεύμα προκύπτει από την κίνηση των ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων ως απόκριση στις δυνάμεις που ασκούν πάνω τους από ένα εφαρμοζόμενο ηλεκτρικό πεδίο.

Στα περισσότερα στερεά υλικά ένα ρεύμα προκύπτει από τη ροή των ηλεκτρονίων, το οποίο ονομάζεται ηλεκτρονική αγωγιμότητα.

Σε όλους τους αγωγούς, τους ημιαγωγούς και πολλά μονωμένα υλικά υπάρχει μόνο ηλεκτρονική αγωγιμότητα και η ηλεκτρική αγωγιμότητα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αριθμό των ηλεκτρονίων που είναι διαθέσιμα για να συμμετάσχουν στη διαδικασία αγωγιμότητας.

Τα περισσότερα μέταλλα είναι εξαιρετικά καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, λόγω του μεγάλου αριθμού ελεύθερων ηλεκτρονίων που μπορούν να διεγερθούν σε μια κενή και διαθέσιμη ενεργειακή κατάσταση.

Μονάδες μέτρησης της αγωγιμότητας

Μετριέται σε Siemens(S) και είναι το αντίστροφο της αντίστασης.

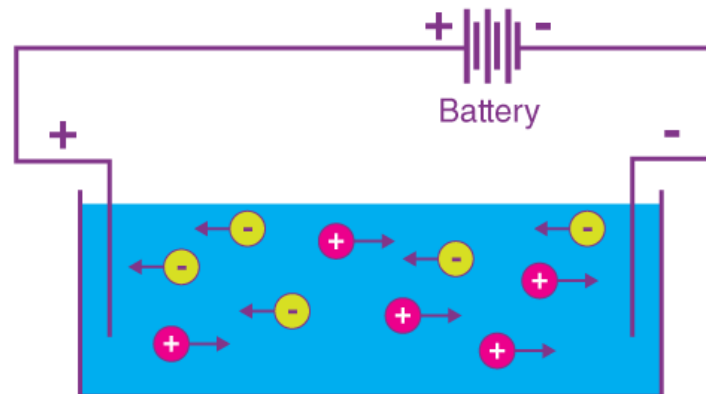
Η αγωγιμότητα εξαρτάται από τα γεωμετρικά στοιχεία του αγωγού σύμφωνα με τη σχέση, όπου:

A = το εμβαδόν της επιφάνειας των ηλεκτροδίων σε cm^2

l = η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων σε cm

k = η ειδική αγωγιμότητα, η οποία ισούται με το αντίστροφο της ειδικής αντίστασης(ρ) και εκφράζει την αγωγιμότητα των ιόντων που ευρίσκονται σε κύβο διαλύματος ακμής $1cm$.

Η πιο κοινή μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το Siemens/cm (S/cm), με υποδιαίρέσεις: το microSiemens/cm ($\mu S/cm$) ίσο με $10^{-6} S/cm$ και το milliSiemens/cm (mS/cm) ίσο με $10^{-3} S/cm$.



Αρχή μέτρησης της αγωγιμότητας

Αγωγιμότητα του νερού

Το καθαρό νερό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού.

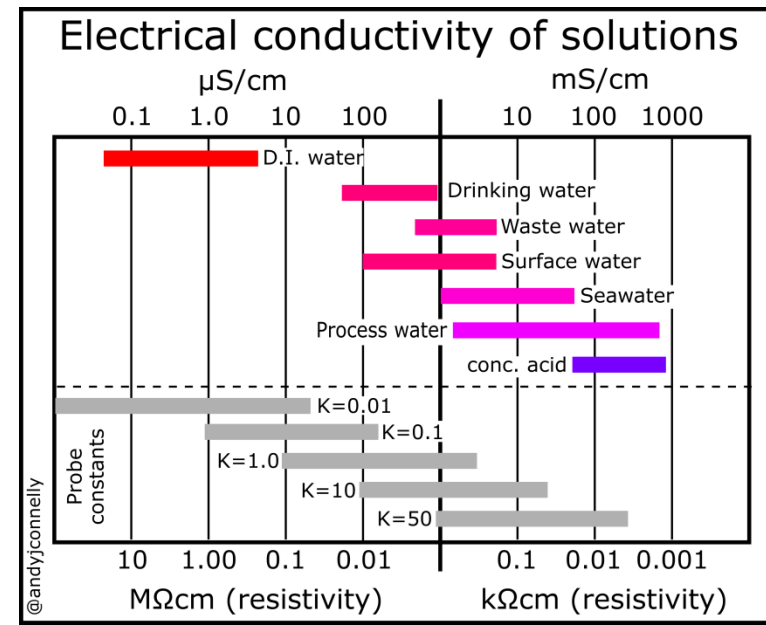
Το συνηθισμένο απεσταγμένο νερό σε ισορροπία με το διοξείδιο του άνθρακα του αέρα έχει αγωγιμότητα περίπου $10 \times 10^{-6} \text{ W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (20 dS/m).

Επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται από τα ιόντα στο διάλυμα, η αγωγιμότητα αυξάνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση των ιόντων.

Έτσι η αγωγιμότητα αυξάνεται καθώς διαλύονται στο νερό ιοντικά είδη.

Τυπική αγωγιμότητα των νερών:

- Εξαιρετικά καθαρό νερό $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ S/m}$
- Πόσιμο νερό 0,005 – 0,05 S/m
- Θαλασσινό νερό 5 S/m



Αρχή μέτρησης της αγωγιμότητας

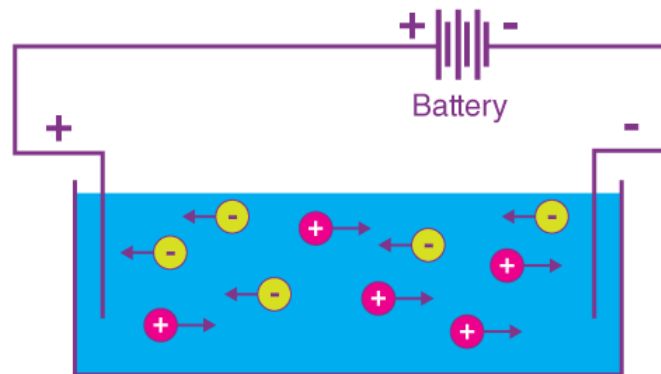
Σε ένα υδατικό διάλυμα, η αγωγιμότητα είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο υγρό.

Στο νερό και τα ιοντικά υλικά ή υγρά μπορεί να συμβεί μια καθαρή κίνηση φορτισμένων ιόντων.

Αυτό το φαινόμενο παράγει ηλεκτρικό ρεύμα και ονομάζεται ιοντική αγωγιμότητα.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ορίζεται ως ο λόγος μεταξύ της πυκνότητας ρεύματος (J) και της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (e) και είναι το αντίθετο της ειδικής αντίστασης (r , [$W \cdot m$]): $s = J/e = 1/r$

Το ασήμι έχει την υψηλότερη αγωγιμότητα από όλα τα μέταλλα: $63 \times 10^6 \text{ S/m}$



Αρχή μέτρησης της αγωγιμότητας

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα διαλύματος είναι μια μαθηματική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα.

Αγωγιμότητα G είναι το ρεύμα I προς την διαφορά δυναμικού E που εφαρμόζεται σε δυο ηλεκτρόδια μέσα σε ένα διάλυμα.

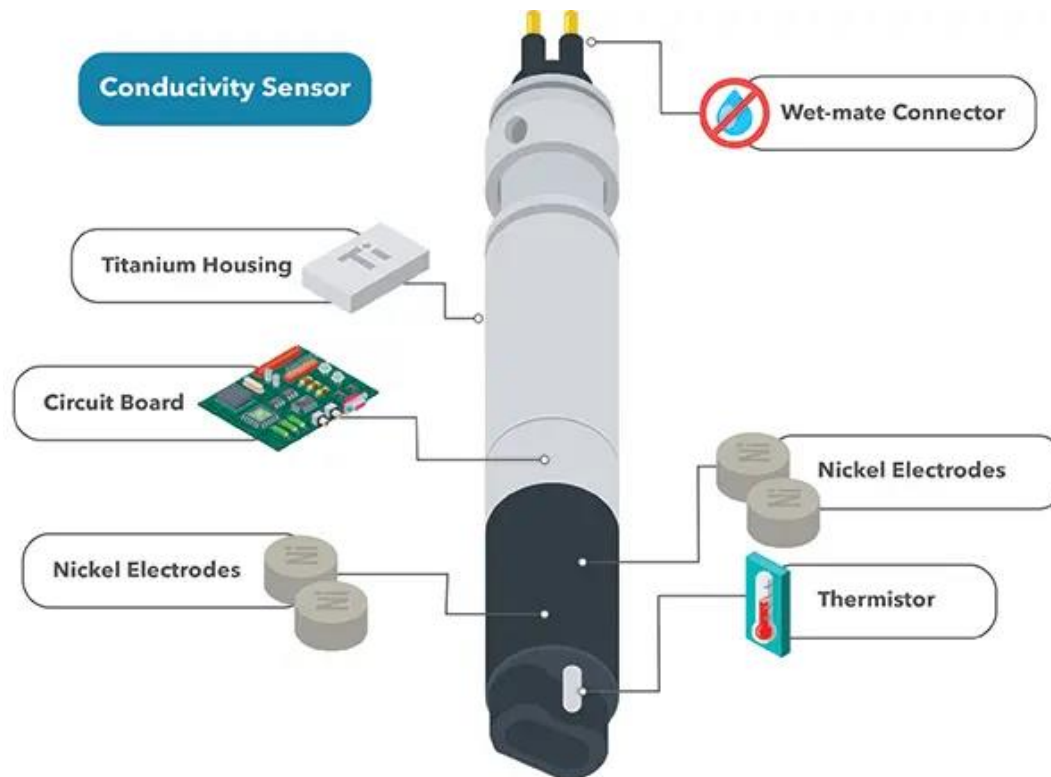
Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, το σθένος τους, την κινητικότητά τους, τη συγκέντρωσή τους, τη θερμοκρασία και το ιξώδες του διαλύματος, καθώς και το μέγεθος της διαφοράς δυναμικού, με την οποία γίνεται η μέτρηση.

Αρχή μέτρησης της αγωγιμότητας

Έτσι λοιπόν, όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση των αλάτων τόσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα.

Τα διαλύματα των περισσότερων ανόργανων οξέων και βάσεων και όλων των αλάτων είναι σχετικά καλοί αγωγοί του ρεύματος.

Αντίθετα, τα μόρια των οργανικών ενώσεων που δεν δίστανται όταν διαλυθούν στο νερό, άγουν ελάχιστα ή καθόλου το ηλεκτρικό ρεύμα.



Μονάδες μέτρησης της αγωγιμότητας

Η σχέση μεταξύ της αγωγιμότητας και των διαλυμένων αλάτων εκφράζεται (TDS)– αναλόγως της εφαρμογής – κατά προσέγγιση ως εξής:

Αγγλικοί Βαθμοί : $1,4 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$ (parts per million CaCO_3) ή

Αμερικανικοί Βαθμοί : $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$ (parts per million CaCO_3)

όπου $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg}/\text{l}$, η οποία είναι η μονάδα

μέτρησης για τα διαλυμένα άλατα (TDS).

Ηλεκτρική αγωγιμότητα και ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Τα TDS ή τα ολικά διαλυμένα στερεά είναι ένα μέτρο των συνολικών ιόντων στο διάλυμα.

Η EC είναι στην πραγματικότητα ένα μέτρο της ιοντικής δραστηριότητας ενός διαλύματος ως προς την ικανότητά του να μεταδίδει ρεύμα.

Σε αραιό διάλυμα, τα TDS και η EC είναι εύλογα συγκρίσιμα.

Τα TDS ενός δείγματος νερού με βάση τη μετρούμενη τιμή EC μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$\begin{aligned} \text{TDS (mg/l)} &= 0,5 \times \text{EC (dS/m ή mmho/cm)} \text{ ή} \\ &= 0,5 * 1000 \times \text{EC (mS/cm)} \end{aligned}$$

Ηλεκτρική αγωγιμότητα και ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Η παραπάνω σχέση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της αποδοχής των χημικών αναλύσεων του νερού.

Δεν ισχύει για τα λύματα.

Καθώς το διάλυμα γίνεται πιο συμπυκνωμένο ($TDS > 1000 \text{ mg/l}$, $EC > 2000 \text{ ms/cm}$), η εγγύτητα των ιόντων του διαλύματος μεταξύ τους μειώνει τη δραστηριότητά τους και κατά συνέπεια την ικανότητά τους να μεταδίδουν ρεύμα, αν και η φυσική ποσότητα των διαλυμένων στερεών είναι δεν επηρεάστηκε.

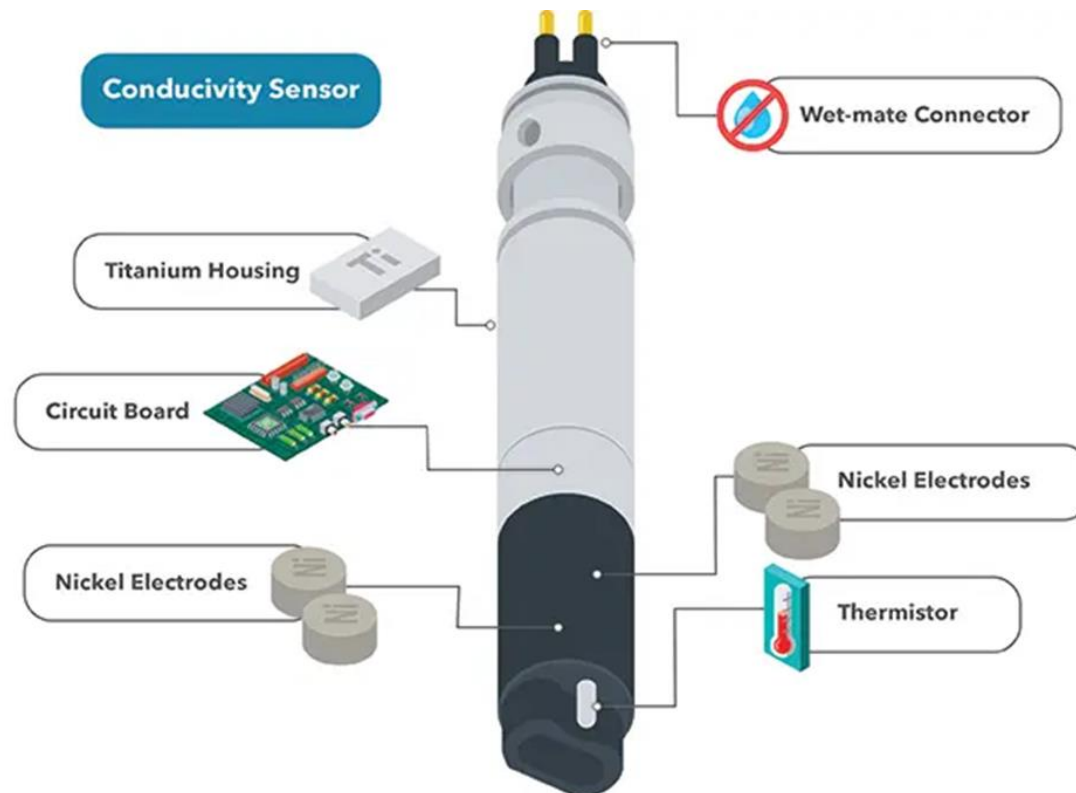
Σε υψηλές τιμές TDS, η αναλογία TDS/EC αυξάνεται και η σχέση τείνει προς $TDS = 0,9 \times EC$.

Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται η προαναφερθείσα σχέση και κάθε δείγμα θα πρέπει να χαρακτηρίζεται ξεχωριστά.

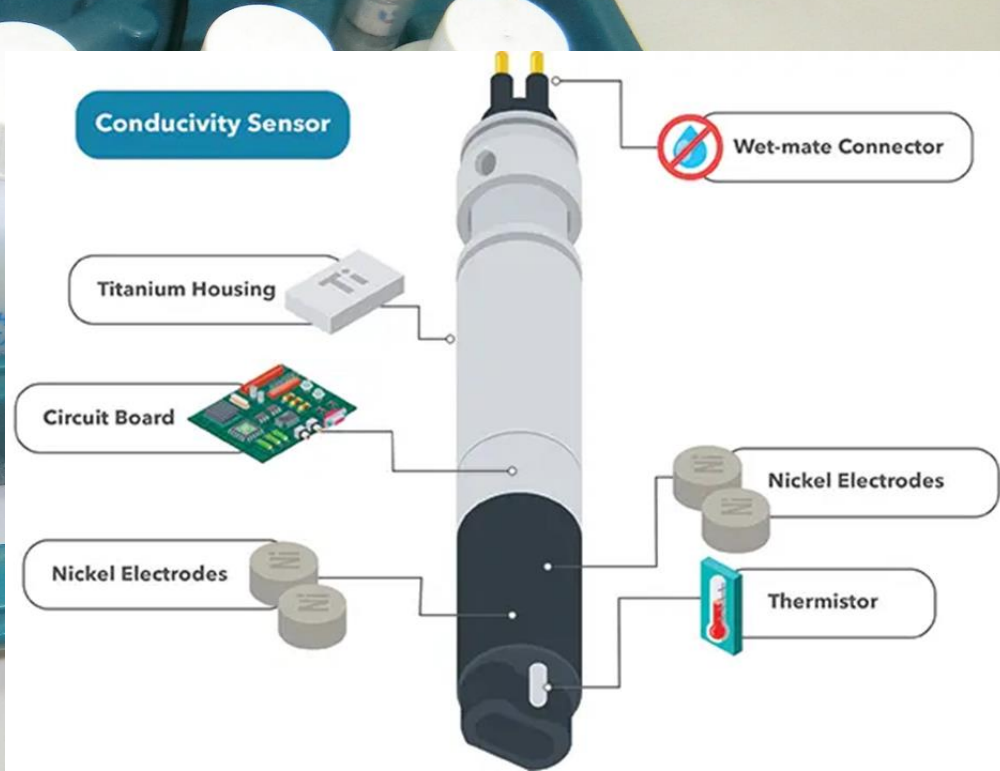
Ηλεκτρική αγωγιμότητα και ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Για το νερό που χρησιμοποιείται για γεωργικούς και αρδευτικούς σκοπούς, οι τιμές για EC και TDS σχετίζονται μεταξύ τους και μπορούν να μετατραπούν με ακρίβεια περίπου 10% χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση:

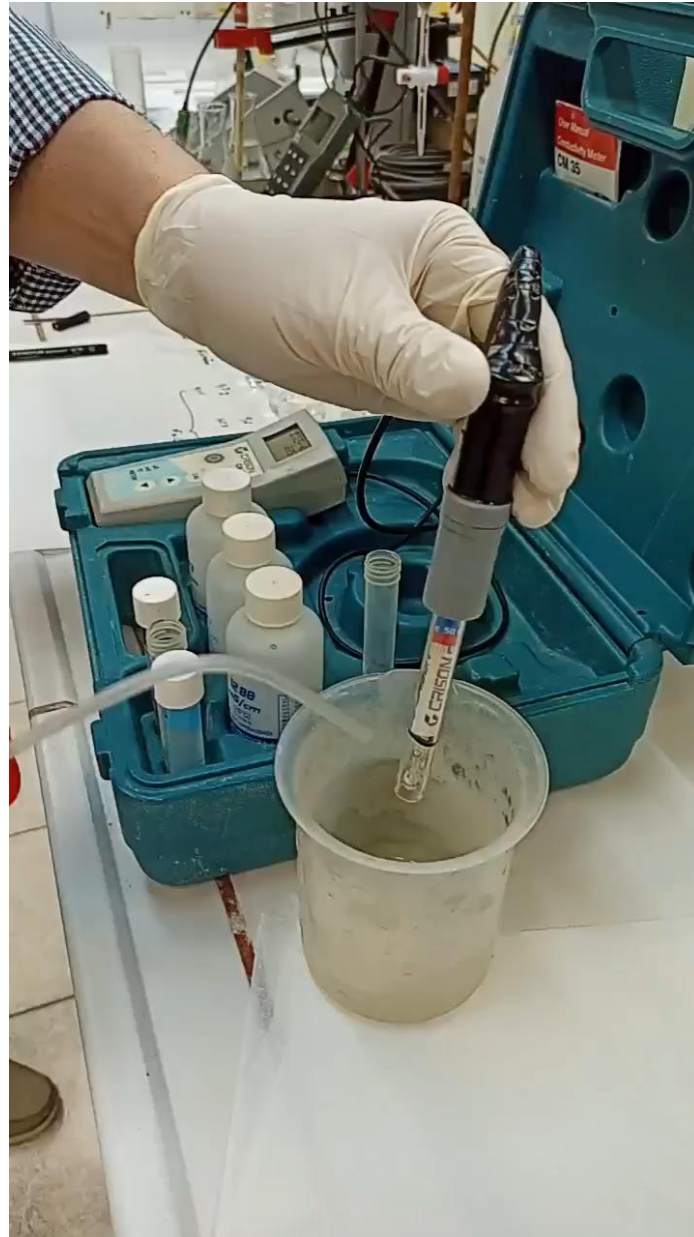
$$\text{TDS (mg/l)} = 640 \times \text{EC (ds/m ή mmho/cm)}.$$



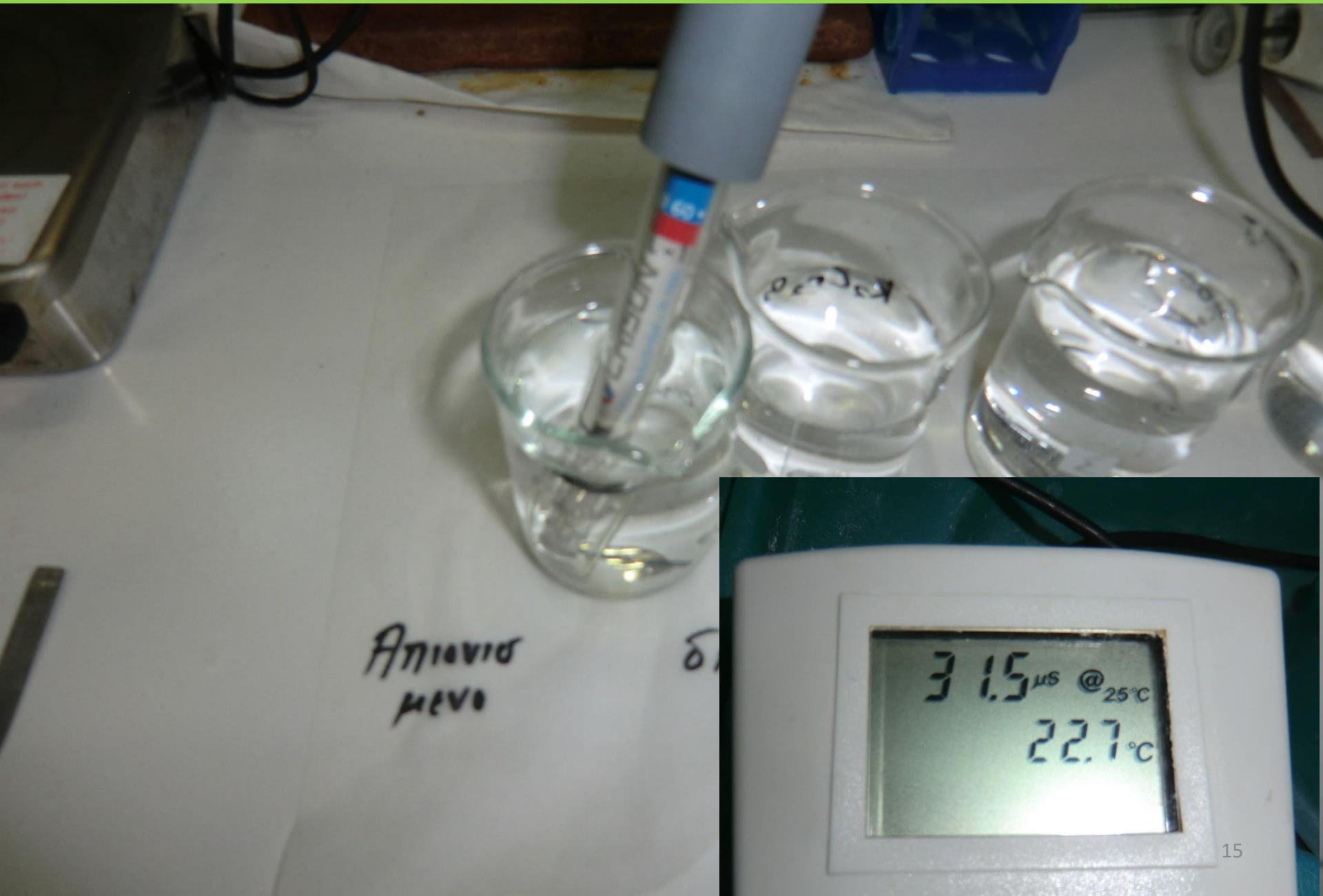
Μέτρηση της αγωγιμότητας στο εργαστήριο



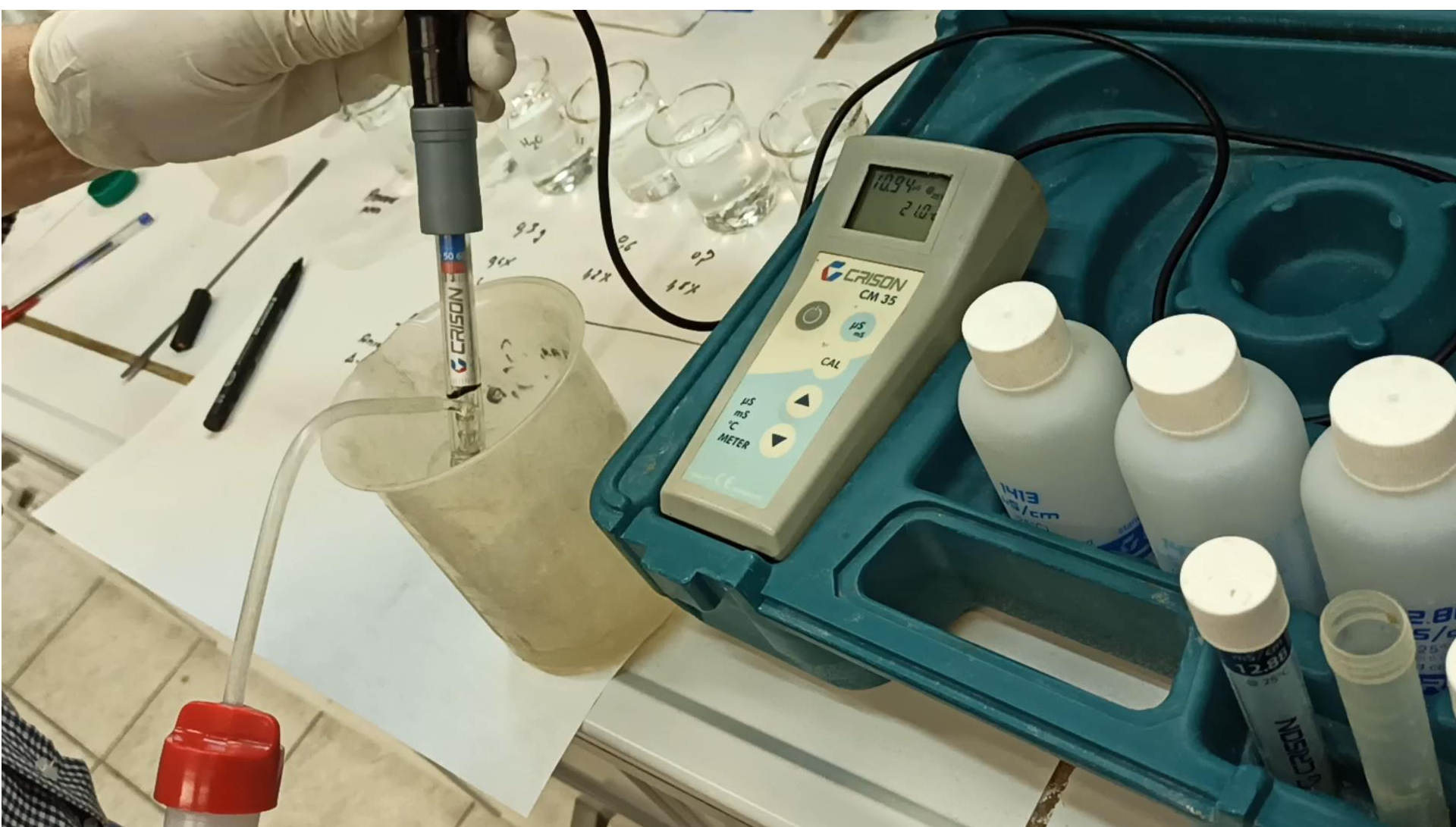
Καθαρισμός ηλεκτροδίου και μέτρηση απιονισμένου νερού



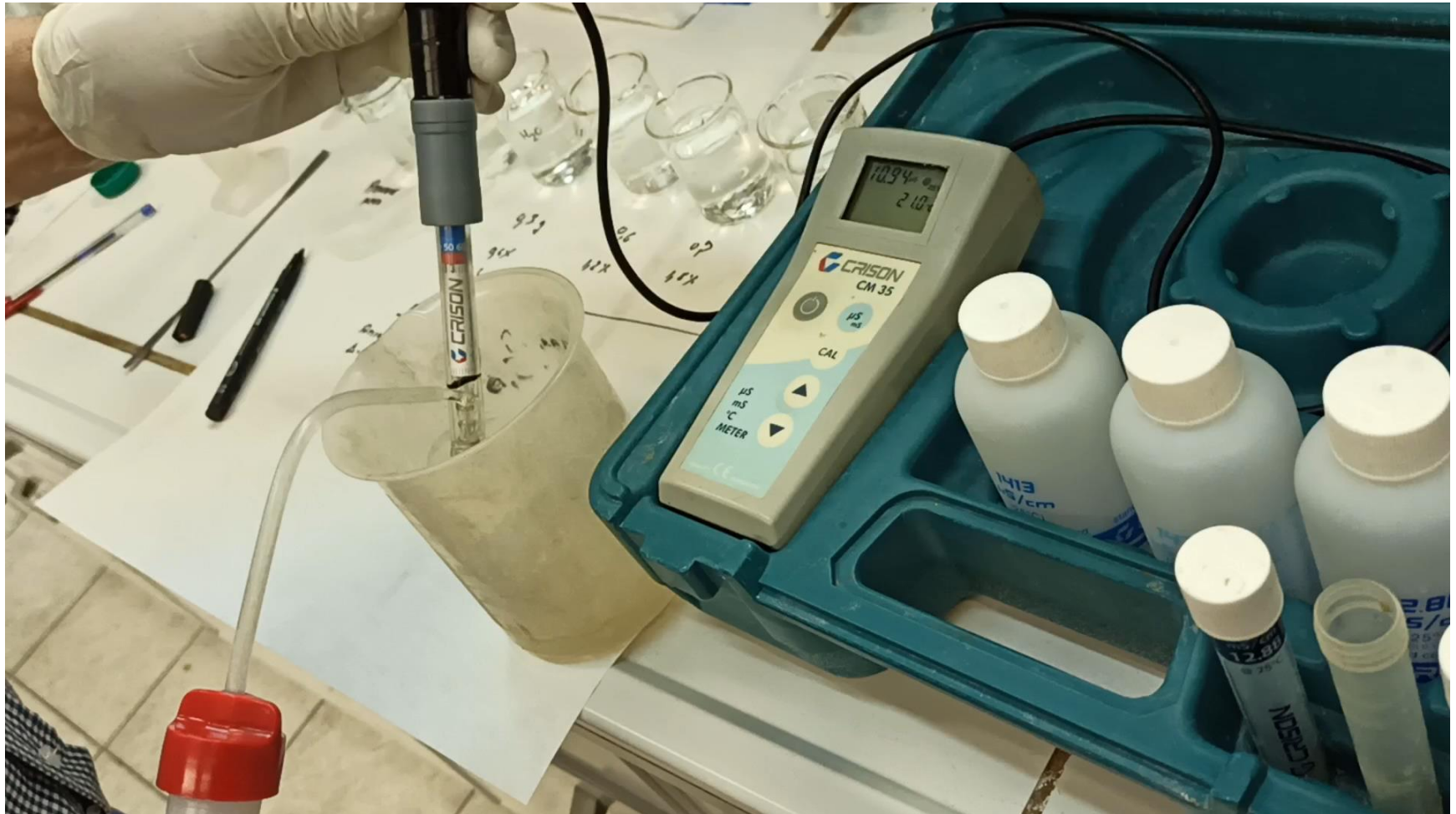
Μέτρηση της αγωγιμότητας στο εργαστήριο



Καθαρισμός ηλεκτροδίου και μέτρηση



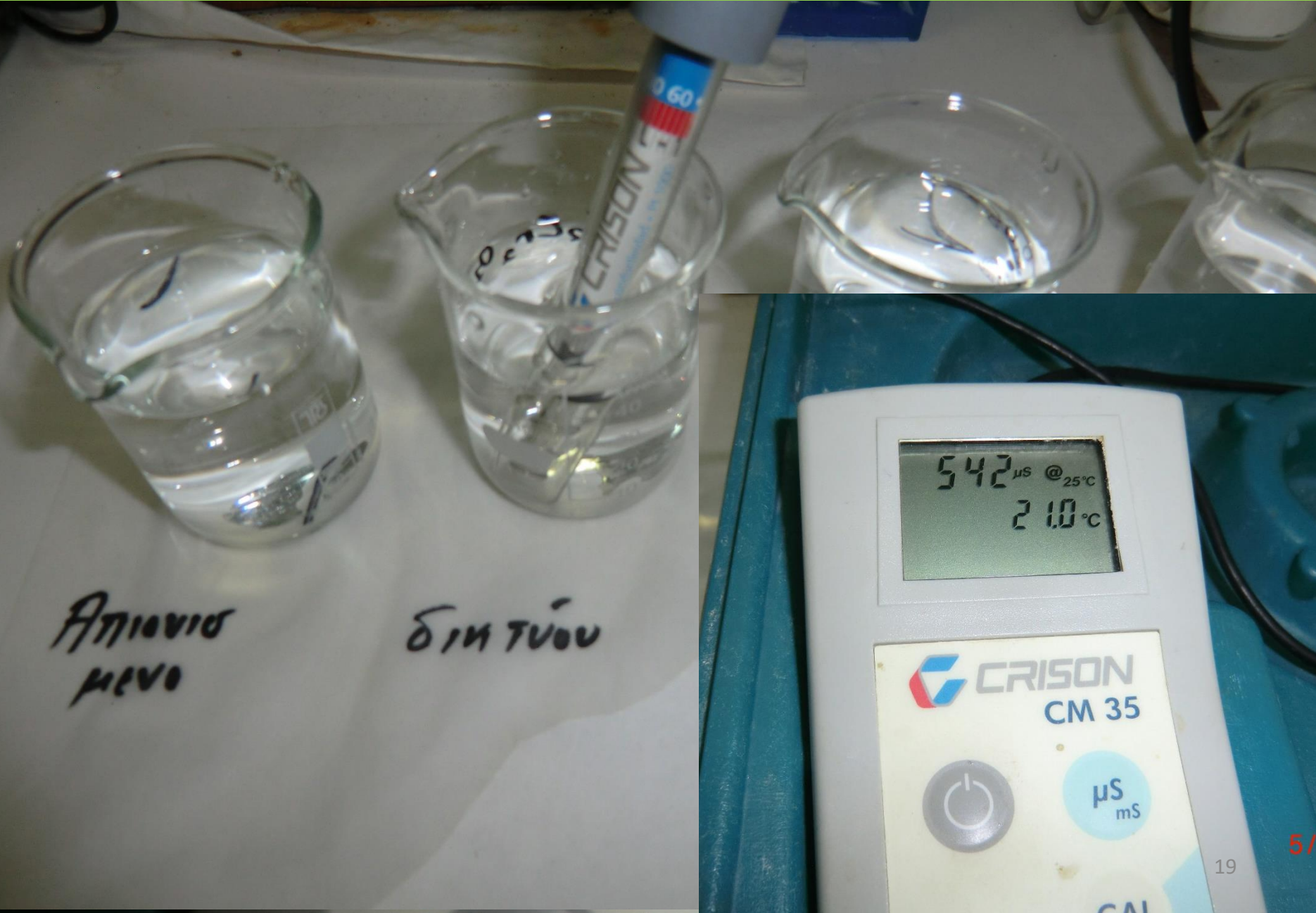
Καθαρισμός ηλεκτροδίου και μέτρηση διαλύματος NaCl 0,6%



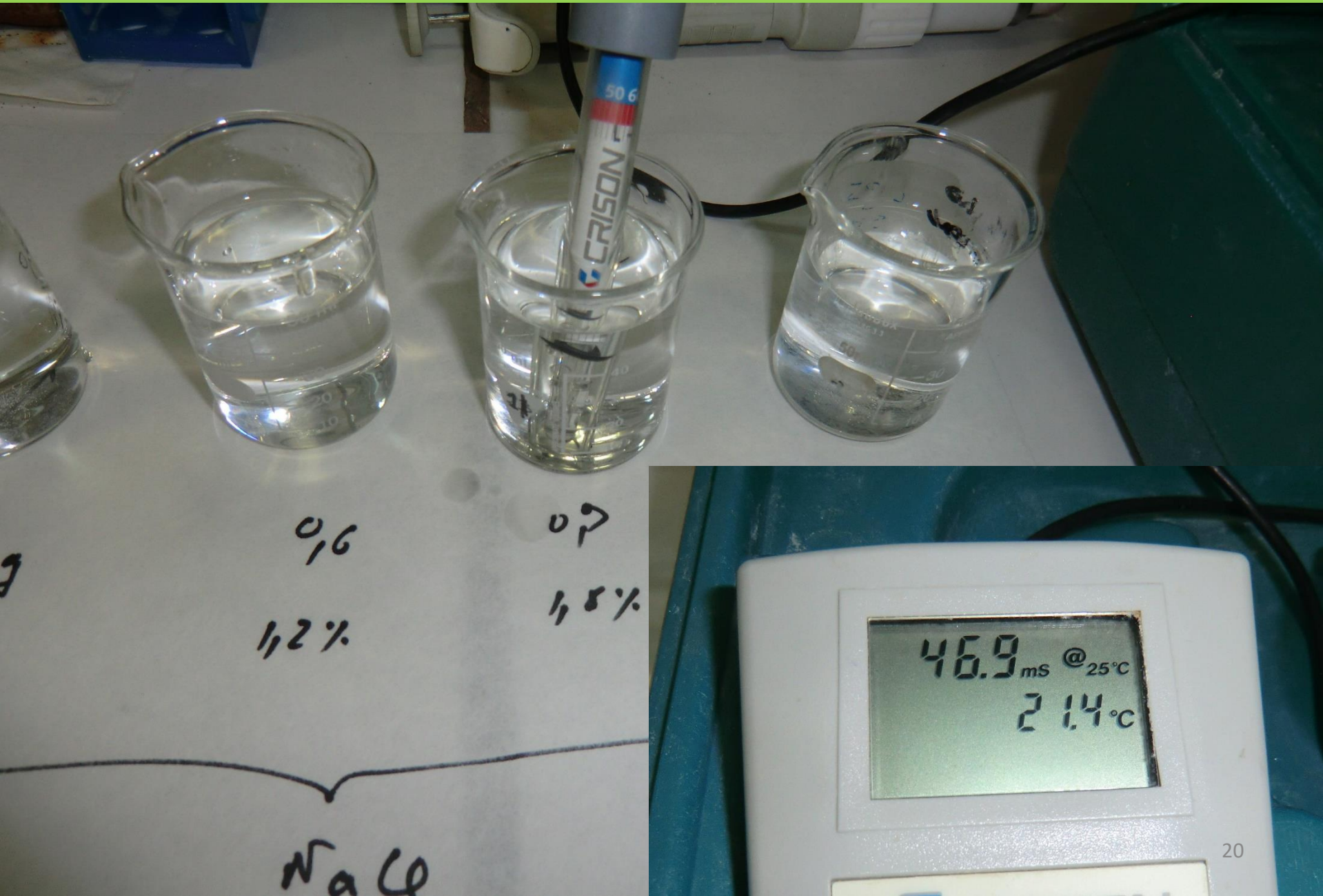
Καθαρισμός ηλεκτροδίου και μέτρηση διαλύματος NaCl 1,2%



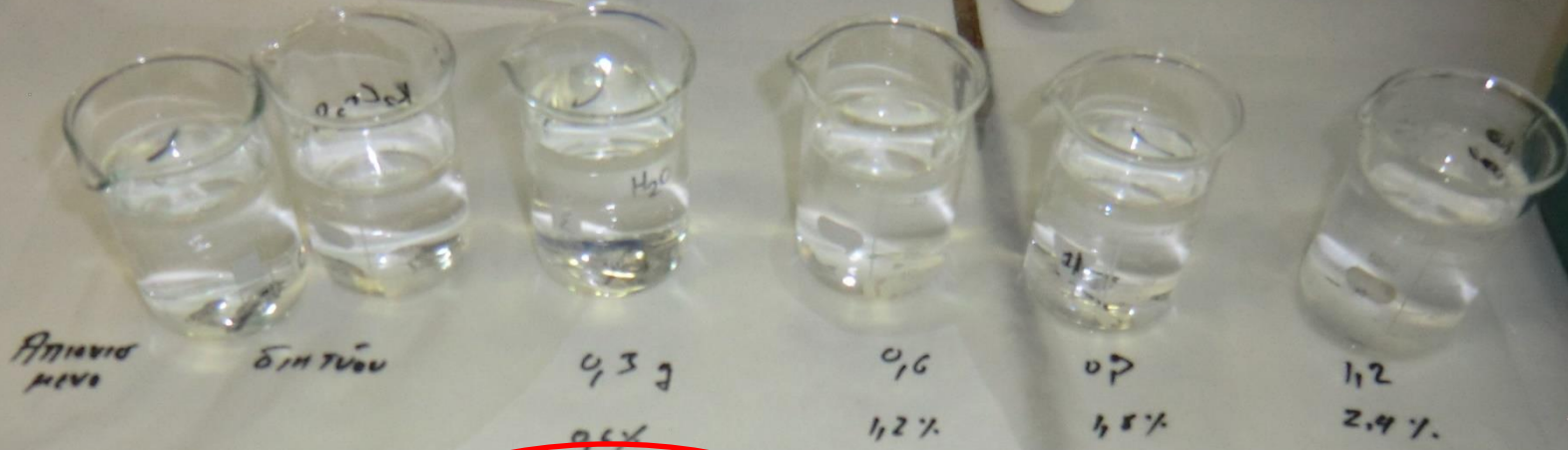
Μέτρηση νερού δικτύου



Καθαρισμός ηλεκτροδίου και μέτρηση διαλύματος NaCl 1,8%



Αποτελέσματα



NaCl

<u>Νορμό</u>		
Απιονομένο	30	$\mu\text{S}/\text{cm}$
Δι. κτύου	542	"
0,6%	12.950	"
1,2%	27.800	"
1,8%	45.400	"

5/1/2021

Αποτελέσματα

Δείγμα	μS/cm
Απιονισμένο νερό	30
Νερό δικτύου	542
NaCl 0,6%	12950
NaCl 1,2%	27800
NaCl 1,8%	45400