

4.5 ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.

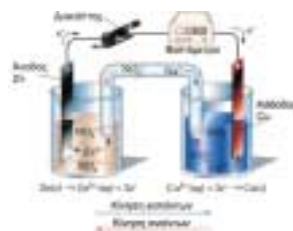
Γενικά, ορισμοί, ταξινόμηση.

Για να μπορέσουμε να καταλάβουμε τις βασικές αρχές των ηλεκτροχημικών μεθόδων θα πρέπει να επιστρατεύσουμε τις βασικές γνώσεις που πρέπει να έχουμε γύρω από τον ηλεκτρισμό και τα ηλεκτρικά κυκλώματα.

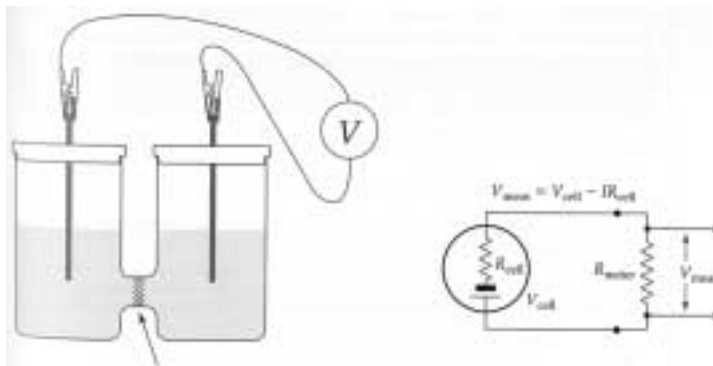
Όπως ξέρουμε, το ηλεκτρικό ρεύμα (εννοούμε συνεχές ρεύμα) είναι κίνηση ηλεκτρονίων μεταξύ δύο «σημείων» ή πόλων μιας πηγής που μπορεί να είναι μια μπαταρία (συσσωρευτής). Τα ηλεκτρόνια ξεκινούν από τον αρνητικό πόλο (-) της πηγής και μέσω ενός αγωγού, του *εξωτερικού κυκλώματος*, καταλήγουν στο θετικό πόλο (+). Το αίτιο που κινεί τα ηλεκτρόνια είναι η *διαφορά δυναμικού* ή τάση μεταξύ των δύο πόλων. Έτσι οι κοινές μπαταρίες μπορεί να είναι των 1,5V ή 9 V ή 12 V κλπ.

Το εξωτερικό κύκλωμα μπορεί να είναι ένας *μεταλλικός αγωγός* (συνήθως από χαλκό) με πολύ μικρή *αντίσταση*, R , ή -το ίδιο- μεγάλη αγωγιμότητα. Μπορεί ακόμη, ανάλογα με τις ανάγκες που εξυπηρετεί, το εξωτερικό κύκλωμα να έχει κάποια αντίσταση (να είναι μια *κατανάλωση*). Η ένταση του ρεύματος, I , είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων (γενικότερα των φορτίων) που περνούν από ένα σημείο στη μονάδα του χρόνου, δηλαδή ανά s.

Η παραπάνω σύντομη περιγραφή ανταποκρίνεται σε αυτό που λέμε ηλεκτρικό κύκλωμα με τα χαρακτηριστικά του, τάση V , ένταση I , αντίσταση R (ή αγωγιμότητα G). Αν όμως στο εξωτερικό κύκλωμα παρεμβληθεί κατάλληλα, με τα ηλεκτρόδια, ένας ηλεκτρολύτης τότε μιλάμε για ηλεκτροχημικό κύκλωμα ή σύστημα. Ηλεκτροχημικό, διότι είτε το ρεύμα θα προκαλέσει αντιδράσεις στον ηλεκτρολύτη, είτε ο ηλεκτρολύτης με τις αντιδράσεις του θα παραγάγει ρεύμα ή θα επηρεάσει το δυναμικό και τα άλλα χαρακτηριστικά του κυκλώματος. Την ίδια ορολογία χρησιμοποιούμε και για τις αντιδράσεις. Για παράδειγμα η: $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$ είναι μια χημική αντίδραση. Αντίθετα η $\text{Na}^+ + e^- \rightarrow \text{Na}$ και η $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$ είναι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις (για την ακρίβεια ηλεκτροχημικές ημιαντιδράσεις) που γίνονται στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων.



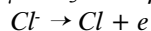
Στο κατωτέρω σχήμα 4.33 φαίνονται ένα ηλεκτροχημικό και ένα ηλεκτρικό, μάλιστα το ισοδύναμό του, κύκλωμα.



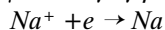
Σχήμα 4.33: Ένα ηλεκτροχημικό κύκλωμα και το ισοδύναμό του ηλεκτρικό κύκλωμα.

Για τις ανάγκες μας, ως ηλεκτροχημική ή ηλεκτροαναλυτική μέθοδος μπορεί να οριστεί εκείνη στην οποία μετρείται μια ηλεκτρική ιδιότητα του δείγματος (αντίσταση, ένταση ρεύματος, δυναμικό).

μια οξείδωση



μια αναγωγή



Άνοδο → Οξείδωση

Κάθοδο → Αναγωγή

Η διάταξη με την οποία θα γίνει η μέτρηση της ηλεκτρικής αυτής ιδιότητας περιλαμβάνει τρία βασικά τμήματα:

Έναν **ηλεκτρολύτη** με κύριο χαρακτηριστικό του την ικανότητα να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα με τα ιόντα που δίνει όταν διίσταται.

Ένα **εξωτερικό κύκλωμα** που είναι και το σύστημα μέτρησης το οποίο χρησιμοποιείται για να εφαρμόζονται ή να μετρούνται τα ηλεκτρικά σήματα (αμπερόμετρα, βολτόμετρα, συσσωρευτές, πηγές ρεύματος κλπ.).

Τέλος τα **ηλεκτρόδια** που είναι αγωγοί που εξασφαλίζουν την ηλεκτρική επαφή μεταξύ του ηλεκτρολύτη και του συστήματος μέτρησης και στην επιφάνεια των οποίων θα λάβουν χώρα τα μετρούμενα φαινόμενα.

Τα ηλεκτρόδια, ανάλογα με τη δράση που γίνεται σε αυτά, ταξινομούνται σε **ανόδους** και **καθόδους**. Στην άνοδο γίνεται **οξείδωση** δηλαδή αποσπώνται ηλεκτρόνια από τα ιόντα του ηλεκτρολύτη και περνούν στο μετρητικό κύκλωμα. Στην κάθοδο γίνεται **αναγωγή** δηλαδή αποδίδονται ηλεκτρόνια στον ηλεκτρολύτη (ορθότερα σε ή κάποια από τα ιόντα στα οποία αυτός διίσταται).

Επιπλέον όμως πολλές φορές αναφερόμαστε στο ηλεκτρόδιο εργασίας (ή ενδεικτικό ηλεκτρόδιο) σαν εκείνο στο οποίο θα γίνει η δράση (ή η αντίδραση ή ακόμα πιο γενικά η μεταβολή) η οποία θα μελετηθεί. Επίσης αναφερόμαστε στο ηλεκτρόδιο αναφοράς το οποίο σαν κύριο σκοπό έχει να μετρά, με ακρίβεια και ανεξάρτητα τυχόν αντιδράσεων, το δυναμικό του ηλεκτροδίου εργασίας. Τέλος υπάρχει και το μετρητικό ηλεκτρόδιο που χρησιμοποιείται για να «κλείνει το κύκλωμα» μεταφέροντας το ρεύμα χωρίς όμως τα χαρακτηριστικά του να αλλοιώνονται ή να επηρεάζουν το μέγεθος που μετρείται. Σε ορισμένες περιπτώσεις και στα όργανα παλαιότερων «γενεών» το ηλεκτρόδιο αναφοράς παίζει και το ρόλο του μετρητικού.

Πολλές φορές χρησιμοποιούμε και τον όρο αδρανές ηλεκτρόδιο θέλοντας να δηλώσουμε ένα ηλεκτρόδιο φτιαγμένο από τέτοιο υλικό ώστε να μην αντιδρά χημικά με τον ηλεκτρολύτη ή το διαλύτη ή τα προϊόντα που δημιουργούνται σε αυτό. Τέτοια αδρανή ηλεκτρόδια είναι συνήθως από Λευκόχρυσο, Pt, ή γραφίτη (μορφή C).

Όταν περνά ρεύμα από ένα ηλεκτροχημικό σύστημα αυτό προσδιορίζεται και από την ολική αντίσταση του κυκλώματος σαν σύνολο. Στις περισσότερες πειραματικές διατάξεις η αντίσταση του εξωτερικού κυκλώματος είναι αμελητέα. Αν αυτό είναι εξασφαλισμένο, μπορεί να διακρίνει κανείς δυο βασικές ηλεκτροχημικές μεθόδους:

(1) Αυτές που η αντίσταση των ηλεκτροδίων είναι αμελητέα με αποτέλεσμα αυτό που θα μετράει κανείς να καθορίζεται από την αντίσταση ή, το αντίστροφό της, την αγωγιμότητα του διαλύματος του ηλεκτρολύτη. Είναι αυτή που ονομάζουμε *αγωγιμομετρία*.

(2) Αυτές που η αντίσταση του διαλύματος είναι μικρή έως αμελητέα και αυτό που μετρείται είναι οι δράσεις που γίνονται στα ηλεκτρόδια. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η *ηλεκτρολύση*.

Υπάρχει και άλλη μια παράμετρος βάσει της οποίας μπορούν να διακρίνονται οι ηλεκτροχημικές μέθοδοι. Είναι η αγωγιμότητα του κυκλώματος. Αν οι συνθήκες και η κατασκευή είναι τέτοιες ώστε να μην περνά ρεύμα (π.χ. πολύ μεγάλη αντίσταση των ηλεκτροδίων) από το διάλυμα

του ηλεκτρολύτη, μιλάμε για τη *ποτενσιομετρία* (ή εξελληνισμένα *δυναμομετρία*). Το ότι δεν περνά ρεύμα εξασφαλίζει μια σταθερότητα στο διάλυμα π.χ. στη συγκέντρωσή του και το δυναμικό που μετρείται είναι μια πληροφορία για τη συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη.

Αν θελήσουμε να μιλήσουμε με όρους ενόργανης ανάλυσης, τα ηλεκτρόδια (που μπορεί να είναι απλές μεταλλικές ράβδοι) είναι ο ανιχνευτής ή ο αισθητήρας που «αισθάνεται» την ηλεκτροχημική πληροφορία, μετατρέποντάς τη σε ηλεκτρικό μέγεθος άμεσα μετρούμενο. Αυτή η απλή γενικά κατασκευή αποτελεί ένα πλεονέκτημα των *ηλεκτροαναλυτικών μεθόδων* που είναι το μικρό κόστος τους έναντι άλλων ενοργάνων μεθόδων.

Στις περισσότερες ηλεκτροαναλυτικές τεχνικές θα ακολουθήσουμε τη λογική των μετρήσεων των ενοργάνων μεθόδων. Θα μετρηθεί ένα ή περισσότερα πρότυπα διαλύματα και θα καταγραφεί το σήμα που τους αντιστοιχεί. Μετά θα μετρηθεί το άγνωστο και με σύγκριση π.χ. μέσα από μια καμπύλη αναφοράς αν χρειαστεί, θα προσδιοριστεί η συγκέντρωσή του. Έτσι θα μετρήσουμε τη συγκέντρωση (για την ακρίβεια την δραστική συγκέντρωση) των H^+ με το πεχάμετρο. Επίσης θα χρησιμοποιήσουμε την αγωγιμομετρία για να προσδιορίσουμε το τέλος μιας ογκομέτρησης. Από τις μεθόδους που θα γνωρίσετε μόνο μια είναι άμεση, όπως είναι η *σταθμική ανάλυση* που γνωρίζατε. Αυτή είναι η *ηλεκτροαπόθεση* ή *ηλεκτροσταθμική μέθοδος* ή πιο απλά η ηλεκτρόλυση όπου η «καταβύθιση» θα γίνει με τα ηλεκτρόνια που φτάνουν στο αντίστοιχο ηλεκτρόδιο.

4.5.1. ΑΓΩΓΙΜΟΜΕΤΡΙΑ.

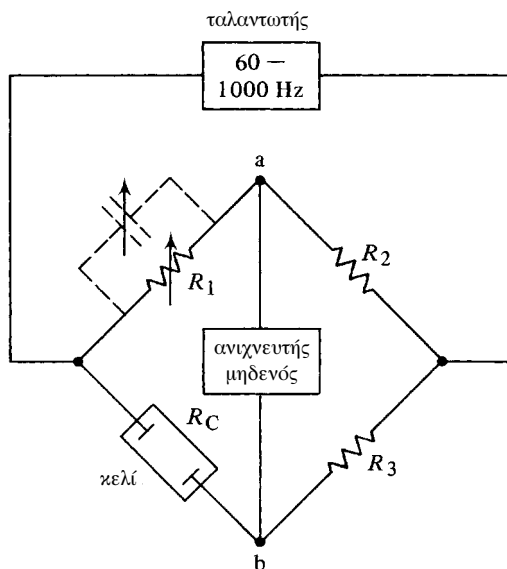
Αρχή της μεθόδου

Ήδη έχει αναφερθεί ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι κίνηση φορτίων. Τα φορτία αυτά ή είναι ηλεκτρόνια (e) όπως συμβαίνει με τα μέταλλα ή είναι φορτισμένα σωματίδια όπως τα ιόντα στους ηλεκτρολύτες. Στους τελευταίους μιλάμε για *ηλεκτρολυτική αγωγιμότητα*. Στις ηλεκτροανλυτικές μεθόδους και διατάξεις συναντάμε και τα δύο είδη αγωγής. Μέσα στο διάλυμα του ηλεκτρολύτη μεταφέρονται τα ιόντα στα ηλεκτρόδια - τα ανιόντα στην άνοδο και τα κατιόντα στην κάθοδο-. Εκεί, στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων μεταφέρονται ηλεκτρόνια από ή προς το ηλεκτρόδιο από ή προς τα ιόντα. Είναι οι ηλεκτροχημικές (ημι)αντιδράσεις που γίνονται στα ηλεκτρόδια. Στη συνέχεια, μέσω των εξωτερικών μεταλλικών αγωγών τα ηλεκτρόνια οδεύουν στους πόλους της πηγής. Αυτό με λίγα λόγια είναι το ηλεκτροχημικό φαινόμενο.

Μέσα λοιπόν στο διάλυμα η αγωγή γίνεται με την κίνηση των ιόντων. Επειδή δε η κίνηση αυτή αυξάνει με τη θερμοκρασία, είναι αυτονόητο ότι και η ηλεκτρολυτική αγωγιμότητα αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτή είναι μια σημαντική διαφορά με τη μεταλλική -ηλεκτρονική αγωγιμότητα, η οποία μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Η ηλεκτρολυτική αγωγιμότητα εξαρτάται επίσης, εκτός από τη θερμοκρασία, από το διαλύτη (εδώ θα μιλάμε για υδατικά διαλύματα), από τον αριθμό των ιόντων που υπάρχουν στο διάλυμα, αλλά και από τη φύση των ιόντων αυτών. Αυτό σημαίνει ότι κάθε είδος ιόντος δεν έχει την ίδια ευκινησία δηλαδή ευκολία κίνησης μέσα στο διάλυμα.

Πως μπορούμε τώρα να μετρήσουμε την αγωγιμότητα ενός διαλύματος; Αν καταφέρουμε να δημιουργήσουμε τέτοιες συνθήκες ώστε το διάλυμα να συμπεριφέρεται σαν μια ωμική αντίσταση, τότε το πρόβλημα λύνεται. Αφού στις συνθήκες αυτές το διάλυμα θα ακολουθεί τον νόμο του Ohm η κλασική Ηλεκτροτεχνία μας προμηθεύει τη γέφυρα Wheatstone με την οποία μετρούνται αντιστάσεις άγνωστες μέσω τριών γνωστών (σχήμα 4.34).



Σχήμα 4.34: Το κύκλωμα ή γέφυρα Wheatstone για μέτρηση άγνωστης αντίστασης

Για να συμπεριφέρεται τώρα ένα διάλυμα σαν μια απλή ωμική αντίσταση εκείνο που πρέπει να μην γίνεται είναι αντιδράσεις στα ηλεκτρόδια (δηλαδή ηλεκτρολύση). Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση εναλλασσόμενου ρεύματος με υψηλή συχνότητα, ηλεκτρόδια που δεν έχουν αντίσταση ή αυτή είναι αμελητέα και κυρίως έχουν αυστηρά γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Επίσης η επιφάνειά τους είναι έτσι επεξεργασμένη, ώστε να «αποθαρρύνει» ηλεκτρολυτικά φαινόμενα.

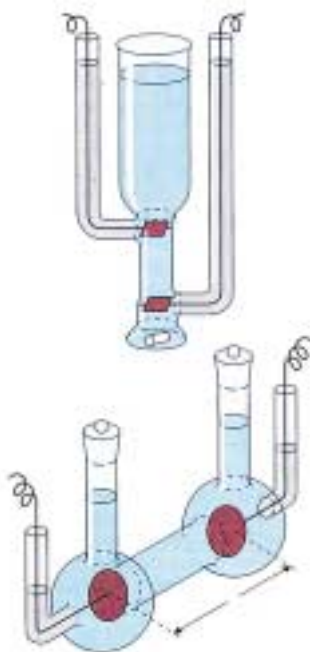
Ας θυμηθούμε όμως μερικά βασικά μεγέθη και τις σχέσεις που τα συνδέουν. Έτσι ο νόμος του Ohm λει ότι η ένταση του ρεύματος, I σε A (Ampère), που διαρρέει ένα αγωγό, είναι ανάλογη του εφαρμοζόμενου δυναμικού, E σε Volt και αντίστροφα ανάλογη της αντίστασης, R σε ohm, Ω , του αγωγού. Είναι λοιπόν $I = V / R \rightarrow R = V / I$

Η αντίσταση τώρα ενός αγωγού εξαρτάται κατ' αρχήν από τη φύση του υλικού, το μήκος του l , και την διατομή του A . Είναι μάλιστα $R = \rho \cdot l / A$, όπου ρ η λεγόμενη ειδική αντίσταση που χαρακτηρίζει κάθε υλικό μέταλλο ή ηλεκτρολύτη. Εκφράζει την αντίσταση ενός αγωγού από το υλικό,

σχήματος κύβου ακμής 1 cm. Το αντίστροφο της ρ είναι η ειδική αγωγιμότητα, κ , με μονάδες τα $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ή Siemens /cm, S/cm. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του κ τόσο «καλύτερος» είναι ο αγωγός. Κοιτάξτε ενδεικτικά μερικές τιμές του κ σε S/cm, διαφόρων υλικών:

Ag $\sim 10^6$, Cu $\sim 10^5$, διάλυμα NaCl 0,1 M $\sim 0,01$, απιονισμένο νερό $\sim 10^{-6}$, οινόπνευμα $\sim 10^{-9}$.

Η ειδική αγωγιμότητα είναι λοιπόν ένα μέτρο του πόσο καλός ή όχι αγωγός είναι ένα υλικό. Από την τελευταία σχέση είναι $\kappa = (1/R) \cdot l/A$. Αυτό δείχνει ότι για τη μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας ενός υλικού είτε αυτό είναι ένα μεταλλικό σύρμα είτε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη, αρκεί να μετρηθεί με την παραπάνω «γέφυρα», η αντίσταση τμήματος του αγωγού ορισμένου μήκους και διατομής. Μάλιστα τα πρώτα αγωγιμομετρικά κελιά είχαν ηλεκτροδία από Pt, με επιφάνεια 1 cm^2 και απόσταση μεταξύ τους 1 cm. Στο κατωτέρω σχήμα 4.35 φαίνονται μερικά τέτοια αγωγιμομετρικά κελιά. Προσέξτε την προσπάθεια να είναι ορισμένη η επιφάνεια, A, και η απόσταση, l, των ηλεκτροδίων.



Σχήμα 4.35: Αγωγιμομετρικά κελιά (κλασικής μορφής)

Συνοψίζοντας, η αρχή στην οποία στηρίζεται η αγωγιμομετρία είναι η μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης, R , ορισμένου όγκου διαλύματος ο οποίος περικλείεται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων ορισμένης επιφάνειας και απόστασης μεταξύ τους. Οι πειραματικές συνθήκες είναι τέτοιες ώστε να μην γίνονται αντιδράσεις στα ηλεκτρόδια και βέβαια η θερμοκρασία να είναι ορισμένη. Εκείνο που προσδιορίζεται είναι η ειδική αγωγιμότητα, κ , η οποία είναι το πηλίκο C/R όπου C η **σταθερά του κελιού**. Αυτή καθορίζεται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κελιού.

Η αγωγιμομετρία σαν αναλυτική μέθοδος σπάνια χρησιμοποιείται για άμεσους ποσοτικούς προσδιορισμούς μια και η αγωγιμότητα είναι μια συνολική ιδιότητα του διαλύματος και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Χρησιμοποιείται κύρια για τον προσδιορισμό του τέλους μιας αντίδρασης στην οποία εμπλέκονται και ηλεκτρολύτες, όπως στην περιοχή της οξυμετρίας - αλκαλιμετρίας και λέγεται τότε αγωγιμομετρική τιτλοδότηση.

Η μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας του κάθε είδους νερού (απεσταγμένου, απιονισμένου, πόσιμου, βιομηχανικού, άρδευσης, κλπ.) ανήκει στους σταθερούς ελέγχους στους οποίους αυτό υποβάλλεται και υπάρχουν θερμοθετημένα όρια μέσα στα οποία αυτή πρέπει να βρίσκεται, η κ .

Το όργανο και η τεχνική της μέτρησης

Η κατασκευή των αγωγιμομέτρων ακολούθησε και αυτή την εξέλιξη της ηλεκτρονικής. Τα αρχικά σχετικά ογκώδη όργανα με αρκετούς διακόπτες για τον έλεγχο των παραμέτρων έχουν αντικατασταθεί από όργανα τύπου «τσέπης», φορητά, πλήρως ηλεκτρονικά.

Η πρώτη εξέλιξη ήλθε από τα ηλεκτρόδια του κελιού. Έγινε αντιληπτό ότι δεν ήταν ανάγκη τα ηλεκτρόδια να είναι μεγάλα και τα χαρακτηριστικά τους να είναι αυστηρά ορισμένα. Μπορεί να είναι μικρά, των οποίων όμως η **σταθερά** να είναι με ακρίβεια γνωστή. Και αυτό μπορεί να γίνεται μέσα από τη μέτρηση της αγωγιμότητας διαλυμάτων των οποίων η ειδική αγωγιμότητα, κ , είναι γνωστή με μεγάλη ακρίβεια. Ως τέτοιο, πρότυπο θα έλεγε κανείς, διάλυμα

είναι το διάλυμα KCl σε διάφορες συγκεντρώσεις. Στον κατωτέρω πίνακα δίνονται οι τιμές του κ σε $\mu\text{S/cm}$ ($1\mu\text{S} = 10^{-6} \text{ S}$) διαλυμάτων KCl διαφόρων συγκεντρώσεων σε τρεις χαρακτηριστικές θερμοκρασίες. Τις τιμές αυτές μπορεί κανείς να τις χρησιμοποιεί για να βρίσκει την C ενός κελιού ή και να ελέγχει την καλή λειτουργία του οργάνου που διαθέτει.

Πίνακας 4.6

Ειδικές αγωγιμότητες διαλυμάτων KCl σε $\mu\text{S/cm}$.

Συγκέντρωση	18 °C	20 °C	25 °C
0,10 M	11190	11670	12880
0,01 M	1225	1278	1413
0,001 M	127	132	147

Τα φορητά όργανα (όργανα πεδίου όπως λέγονται) τα οποία έχουν ένα σταθερό ηλεκτρόδιο, διαθέτουν στο μετρητικό τους κύκλωμα ενσωματωμένη τη σταθερά του ηλεκτροδίου, C, οπότε στην οθόνη εμφανίζεται απευθείας η τιμή της ειδικής αγωγιμότητας σε $\mu\text{S/cm}$. Ουσιαστικά μετρούν την αντίσταση R και εφαρμόζουν τον τύπο $\kappa = C/R$. Επίσης διαθέτουν και έναν αισθητήρα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του διαλύματος. Το όργανο αυτόματα διορθώνει την τιμή ανάγοντας σε ειδική αγωγιμότητα στους 25 °C.

Στα αγωγιμόμετρα, όπως άλλωστε σε όλα τα όργανα, πρέπει να συμβουλευόμαστε πάντα το prospectus του οργάνου που το συνοδεύει. Εκεί δίνονται οδηγίες τόσο για τη χρήση του οργάνου όσο και για το ή τα ηλεκτρόδια που το συνοδεύουν. Σε κάθε ηλεκτρόδιο ο κατασκευαστής δίνει και τη σταθερά του. Αν δεν υπάρχει ή αμφισβητείται για κάποιους λόγους μετρήστε τη με διάλυμα KCl από τον παραπάνω πίνακα. Μικρή τιμή στη σταθερά του ηλεκτροδίου σημαίνει ότι αυτό είναι κατάλληλο για μετρήσεις διαλυμάτων που έχουν μικρή αγωγιμότητα. Έτσι π.χ. ηλεκτρόδιο με σταθερά 0,1 προορίζεται για τον έλεγχο απιονισμένου ή απεσταγμένου νερού. Ηλεκτρόδιο με σταθερά = 10

μετρά μεγάλες αγωγιμότητες όπως του θαλασσινού νερού ή αλμολοίπων.

Αν το όργανο έχει δυνατότητα ρύθμισης πάλι με το διάλυμα του KCl, γίνεται διόρθωση της τιμής της σταθεράς ώστε η ένδειξη του οργάνου να συμπίπτει με εκείνη του πρότυπου διαλύματος.

Η μέτρηση αυτή καθ' αυτή είναι απλή και ακριβής. Το ηλεκτρόδιο πριν χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις μένει εμβαπτισμένο σε απιονισμένο νερό για μερικές ώρες. Αν χρησιμοποιείται συνεχώς, φυλάσσεται εμβαπτισμένο σε απιονισμένο νερό. Για τη μέτρηση εμβαπτίστε το (ανάλογα με το ηλεκτρόδιο η στάθμη να ξεπερνά τα 2/3 του μήκους του ηλεκτροδίου) στο διάλυμα. Αναδεύστε για 1 min με μαγνητικό αναδευτήρα ή με το ίδιο το ηλεκτρόδιο. Σταματήστε την ανάδευση και αφήστε 1 min ακόμα για ηρεμία. Πάρτε την μέτρηση ανοίγοντας (on) ή έχοντας ήδη ανοίξει το όργανο. Δεν υπάρχει ανάγκη ειδικού χρόνου προθέρμανσης του οργάνου.

Εφαρμογές

Η πρώτη εφαρμογή της αγωγιμομετρίας, πέρα των καθαρά αγωγιμομετρικών τιτλοδοτήσεων, είναι ο έλεγχος της καθαρότητας του νερού στο εργαστήριο ή στη βιομηχανία. Το απιονισμένο νερό έχει αγωγιμότητα περί το 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Υπερκαθαρό ή δισαπόστακτο νερό έχει κ περίπου 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στη βιομηχανία, όπως στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, μετρείται η αγωγιμότητα του νερού των λεβήτων και εκεί μάλιστα το όργανο είναι έτσι βαθμολογημένο ώστε να δίνει την περιεκτικότητα σε άλατα (λέγεται και αλατότητα-salinity) εκφρασμένη σε ppm.

Εκτεταμένη χρήση των αγωγιμομέτρων γίνεται στον έλεγχο μόλυνσης του περιβάλλοντος σε ποτάμια, λίμνες και θάλασσες. Μέσω αυτών ανιχνεύονται πηγές μόλυνσης με όργανα συνεχούς λειτουργίας και καταγραφής.

Ενδεικτικά αναφέρουμε την ειδική αγωγιμότητα μερικών χαρακτηριστικών υγρών - διαλυμάτων ή φυσικών μέσων.

Υπερκαθαρό νερό: 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Απιονισμένο νερό: 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Νερό δικτύου: 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (αλλάζει από πόλη σε πόλη.
Όριο για πόσιμο 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Γάλα πλήρες :5 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - Γάλα άπαχο: 6 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Θαλασσινό νερό: 58 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.