

**Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών 2010-11
Τοπικός διαγωνισμός στη Φυσική και Χημεία
27-11-2010**

Σχολείο: _____ Εργαστηριακή Θέση:

Όνόματα των μαθητών της ομάδας:

1) _____

2) _____

3) _____

Σκοπός και κεντρική ιδέα της άσκησης

Ο βασικός στόχος της άσκησης είναι η **πειραματική μελέτη της σχέσης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας διαλύματος υδροχλωρικού οξέως (HCl), με τη συγκέντρωση (molarity) του διαλύματος**. Η σχέση αγωγιμότητας - συγκέντρωσης, χρησιμοποιείται για τον πειραματικό υπολογισμό της συγκέντρωσης αγνώστου διαλύματος HCl. Ελέγχουμε το αποτέλεσμα, υπολογίζοντας τη συγκέντρωση του ίδιου διαλύματος HCl με **ογκομέτρηση** διαλύματος NaOH γνωστής συγκέντρωσης, που απαιτείται για την εξουδετέρωση του διαλύματος HCl.

Βασικές Έννοιες και Φυσικά Μεγέθη: Βολτάμετρο - Αντίσταση Βολτάμετρου - Ηλεκτρική Αγωγιμότητα Διαλύματος - Συγκέντρωση (Molarity) διαλύματος - Εξουδετέρωση διαλύματος οξέως από διάλυμα βάσης - Ογκομέτρηση - Δείκτες

Πώς σχεδιάστηκε η πειραματική διαδικασία - Θεωρητικό υπόβαθρο της άσκησης

A) Ο νόμος του Ohm - Αγωγιμότητα ενός διαλύματος

Είναι γνωστό ότι ένα ηλεκτρολυτικό διάλυμα είναι αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, συμπεριφέρεται όπως ένας αντιστάτης, δηλαδή υπακούει στο **νόμο του Ohm**.

Σε έναν δοχείο ρίχνουμε μια ποσότητα ηλεκτρολυτικού διαλύματος -για παράδειγμα διάλυμα HCl ορισμένης συγκέντρωσης C- και βυθίζουμε στο διάλυμα δύο ίδια μεταλλικά ελάσματα (**ηλεκτρόδια**). Τότε λέμε ότι έχουμε φτιάξει ένα **βολτάμετρο** (σχήμα 1).

Σύμφωνα με το νόμο του Ohm, αν στα ηλεκτρόδια του βολτάμετρου εφαρμόσουμε τάση U, τότε από το διάλυμα θα διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα I, ανάλογο της τάσης U:

$$I = \frac{1}{R} \cdot U \quad (1)$$

Η σταθερά R είναι η **αντίσταση του βολτάμετρου**.

Η αντίσταση του βολτάμετρου ικανοποιεί μια σχέση, παρόμοια με το «νόμο της αντίστασης των μεταλλικών αγωγών». Είναι ανάλογη της απόστασης L των ηλεκτροδίων και αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού A της επιφάνειας των ηλεκτροδίων που είναι βυθισμένη στο διάλυμα:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (2)$$

Η σταθερά ρ ονομάζεται ειδική αντίσταση και εξαρτάται από το είδος του διαλύματος του βολτάμετρου και τη θερμοκρασία. Ονομάζουμε **αγωγιμότητα του διαλύματος** το μέγεθος σ , που ισούται με το αντίστροφο της ειδικής αντίστασής του:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (3)$$

Από τις σχέσεις 2 και 3, προκύπτει ότι η αντίσταση του βολτάμετρου και η αγωγιμότητα του διαλύματος που περιέχει σχετίζονται με την εξίσωση:

$$\frac{1}{R} = \sigma \cdot \frac{A}{L} \quad (4)$$

Η αγωγιμότητα ενός διαλύματος εξαρτάται από την πυκνότητα των ηλεκτρικών φορτίων -ιόντων- που υπάρχουν μέσα στο διάλυμα. Αν ένα διάλυμα δεν περιέχει καθόλου -ή περιέχει ελάχιστα- ιόντα, όπως συμβαίνει στο καθαρό νερό ή στο ζαχαρόνερο, τότε η αγωγιμότητά του σ είναι ίση με το μηδέν ($\sigma=0$). Όταν αυξάνεται η συγκέντρωση των ιόντων στο διάλυμα, τότε η αγωγιμότητά του αυξάνεται.

Για διάλυμα ενός ισχυρού ηλεκτρολύτη, όπως το υδροχλωρικό οξύ, μπορούμε να δείξουμε θεωρητικά, ότι κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, **η αγωγιμότητα του διαλύματος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης C του διαλύματος**. Δηλαδή, μεταξύ των μεγεθών σ και C, ισχύει μια σχέση αναλογίας, που έχει τη μορφή:

$$\sigma = \lambda \cdot C \quad (5)$$

όπου λ μια σταθερά, που γενικά εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία.

B) Πώς μπορούμε να ελέγξουμε πειραματικά τη σχέση αγωγιμότητας-συγκέντρωσης ενός ηλεκτρολυτικού διαλύματος;

Από τις σχέσεις 4 και 5, προκύπτει η εξίσωση:

$$R^{-1} = \lambda \cdot \frac{A}{L} \cdot C \quad (6)$$

όπου

$$R^{-1} = \frac{1}{R} = \frac{I}{U} \quad (7)$$

Η εξίσωση 6 έχει προκύψει από τις θεωρητικές σχέσεις 1-4. Μας λέει ότι το αντίστροφο της αντίστασης του βολτάμετρου (R^{-1}) είναι ανάλογο με τη συγκέντρωση C του ηλεκτρολυτικού διαλύματος, που περιέχεται σε αυτό, **εφόσον το εμβαδόν A και η απόσταση L διατηρούνται σταθερά**. Κάτω από αυτές τις προϋποθέσεις η 6 γράφεται:

$$R^{-1} = \mu \cdot C \quad (8)$$

όπου $\mu = \lambda \cdot \frac{A}{L}$, σταθερά.

Η εξίσωση 8 παριστάνει μια ευθεία που διέρχεται από το μηδέν, της μορφής $y = \mu \cdot x$, όπου $y = R^{-1} = 1/R$ και $x=C$.

Την εξίσωση 8 μπορούμε να την ελέγξουμε πειραματικά: Παρασκευάζουμε διαλύματα του ίδιου ηλεκτρολύτη (HCl) συγκεκριμένων συγκεντρώσεων. Τα ρίχνουμε διαδοχικά μέσα στο βολτάμετρο και μετράμε την αντίστοιχη τιμή του R^{-1} . Αν το θεωρητικό μας πλαίσιο είναι σωστό, τα αντίστοιχα πειραματικά σημεία (C, R^{-1}), πρέπει να βρίσκονται πάνω (ή «κοντά») σε μια ευθεία που διέρχεται από το μηδέν.

Για τη μέτρηση του R^{-1} (του αντιστρόφου της αντίστασης R του βολτάμετρου) εφαρμόζουμε το νόμο του Ohm: Στα ηλεκτρόδια του βολτάμετρου εφαρμόζουμε μια τάση U , την οποία μετράμε με ένα βολτόμετρο. Το ρεύμα που διέρχεται από το βολτάμετρο, το μετράμε με ένα αμπερόμετρο (σχήμα 1). Η αντίστοιχη τιμή του R^{-1} δίνεται από τη σχέση 7.

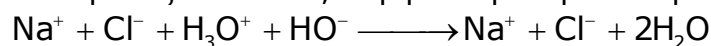
Για να εξασφαλίσουμε τις προϋποθέσεις, κάτω από τις οποίες ισχύει η εξίσωση 8, φροντίζουμε ώστε η απόσταση των ηλεκτροδίων και η στάθμη του διαλύματος να είναι κοινές σε όλες τις μετρήσεις.

Γ) Χρησιμότητα της πειραματικής διαδικασίας - Αξιολόγηση του αποτελέσματος

Από τη στιγμή που σχεδιάσαμε την πειραματική ευθεία $R^{-1} = \mu \cdot C$, έχουμε έναν τρόπο μέτρησης της άγνωστης συγκέντρωσης δεδομένου διαλύματος HCl: Αρκεί να μετρήσουμε το αντίστροφο της αντίστασής του.

Επιπλέον, μπορούμε να αξιολογήσουμε την αξιοπιστία των μετρήσεών μας: Αρκεί να κάνουμε την ίδια μέτρηση με μια διαφορετική πειραματική διαδικασία. Στην παρούσα άσκηση, χρησιμοποιούμε τη διαδικασία της ογκομέτρησης του διαλύματος βάσης (NaOH) γνωστής συγκέντρωσης, που απαιτείται για να εξουδετερώσει ορισμένο όγκο του δεδομένου διαλύματος HCl. Η εξουδετέρωση του διαλύματος πιστοποιείται από την αλλαγή του χρώματος δείκτη βρωμοθυμόλης, που έχουμε ρίξει μέσα στο διάλυμα του υδροχλωρικού οξέως.

Έστω C η συγκέντρωση του διαλύματος HCl, και V ο όγκος του, C_0 η συγκέντρωση του προτύπου διαλύματος NaOH και V_0 ο όγκος που απαιτήθηκε για την εξουδετέρωση του διαλύματος HCl. Τότε, σύμφωνα με την αντίδραση εξουδετέρωσης:

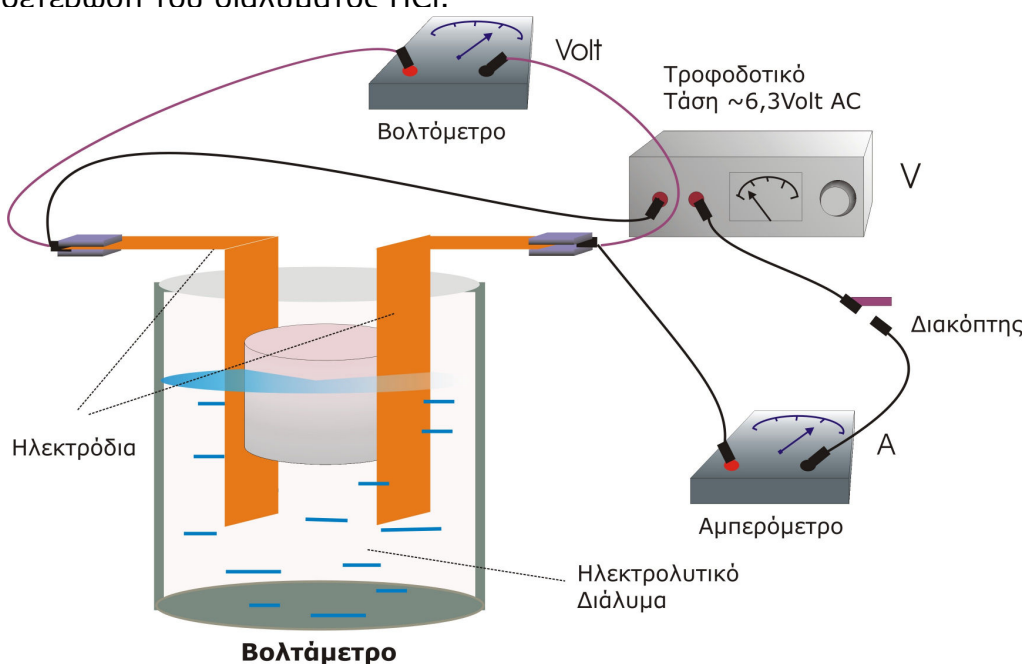


ισχύει η σχέση:

$$C \cdot V = C_0 \cdot V_0 \quad (9)$$

από την οποία υπολογίζουμε τη συγκέντρωση C του διαλύματος HCl.

Συγκρίνουμε τις δύο τιμές της συγκέντρωσης του διαλύματος HCl, που προέκυψαν με τις δύο διαδικασίες μέτρησης: α) Μέσω της μέτρησης της αγωγιμότητας του διαλύματος και β) Μέσω της μέτρησης του όγκου προτύπου διαλύματος NaOH, που απαιτήθηκε για την εξουδετέρωση του διαλύματος HCl.



Σχήμα 1

Πείραμα 2: Πειραματικό γράφημα της σχέσης 8. Για κάθε διάλυμα HCl μετράμε την R^{-1} του βολτάμετρου

1. Ρίξε μέσα στο βολτάμετρο νερό όγκου 50mL. Συναρμολόγησε το κύκλωμα που εικονίζεται στο σχήμα 1. Η τάση τροφοδοσίας να είναι 6,3Volt AC. **Ζήτα από τον επιβλέποντα καθηγητή να το ελέγξει.** Αφού όλα είναι OK, θέσε το τροφοδοτικό στη θέση ON και κλείσε το διακόπτη του κυκλώματος. Μέτρησε με το βολτόμετρο την ηλεκτρική τάση U μεταξύ των ηλεκτροδίων του βολτάμετρου και το ρεύμα I που διαρρέει το κύκλωμα. Κατάγραψε τις δύο τιμές στα αντίστοιχα κελιά του ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ και άνοιξε το διακόπτη. Αφαίρεσε με προσοχή τα ηλεκτρόδια του βολτάμετρου και ρίξε το νερό στο νιπτήρα. Στέγνωσε το δοχείο του βολτάμετρου με απορροφητικό χαρτί.
2. Ρίξε μέσα στο βολτάμετρο τα 50mL HCl 0,2M, που έχεις αποθηκεύσει. Επανάλαβε τις μετρήσεις τάσης-ρεύματος, όπως στο βήμα 1, και κατάγραψε τις στον ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ. Άνοιξε το διακόπτη του κυκλώματος. Αφαίρεσε με προσοχή τα ηλεκτρόδια του βολτάμετρου και ξέπλυνέ τα στο νερό που υπάρχει στο δοχείο των 400mL. **Ρίξε το διάλυμα του δοχείου στον αποθηκευτικό χώρο που θα σου υποδείξει ο επιβλέπων καθηγητής.** Στέγνωσε το δοχείο του βολτάμετρου με απορροφητικό χαρτί. ΠΡΟΣΕΧΩ ΝΑ ΜΗΝ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΩ ΚΑΙ ΝΑ ΜΗ ΜΕΤΑΒΑΛΛΩ ΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ.
3. Επανάλαβε τις διαδικασίες του προηγούμενου βήματος με τα διαλύματα των 0,4M, 0,6M και 0,8M. Συμπλήρωσε όλα τα κελιά του ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ			
C mole/L	U Volt	I A	$R^{-1} = \frac{I}{U}$ Ω^{-1}
0,0			
0,2			
0,4			
0,6			
0,8			

Επεξεργασία πειραματικών δεδομένων

Στο μιλιμετρέ χαρτί σχεδίασε σύστημα ορθογωνίων αξόνων. Στον οριζόντιο άξονα τοποθέτησε τις τιμές της συγκέντρωσης C και στον κατακόρυφο τις τιμές του R^{-1} , επιλέγοντας κατάλληλες κλίμακες. Στο επίπεδο των δύο αξόνων τοποθέτησε τα πειραματικά σημεία, σύμφωνα με τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ. Σχεδίασε ευθεία, διερχόμενη από το μηδέν, που διέρχεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σύνολο των σημείων.

Μέτρηση της συγκέντρωσης αγνώστου διαλύματος HCl

Τοποθέτησε στο βολτάμετρο 50mL του αγνώστου διαλύματος HCl. Υπολόγισε πειραματικά το αντίστροφο της αντίστασης (R^{-1}) του αγνώστου διαλύματος HCl. Με τη βοήθεια της πειραματικής ευθείας υπολόγισε την τιμή C' της συγκέντρωσής του.

Μετρήσεις - Υπολογισμοί

V= _____ Volt

I= _____ A

R⁻¹= _____ Ω⁻¹

C' = _____ mole/L

Πείραμα 3: Πειραματικός υπολογισμός της συγκέντρωσης του άγνωστου διαλύματος HCl με ογκομέτρηση - Σύγκριση και αξιολόγηση των δύο διαδικασιών μέτρησης

1. Τοποθέτησε 30 mL του δεδομένου διαλύματος HCl στην κωνική φιάλη. Ρίξε μέσα στη φιάλη δύο-τρεις σταγόνες δείκτη βρωμοθυμόλης.
2. Συμπλήρωσε με το χωνάκι την προχοϊδα με πρότυπο διάλυμα NaOH, μέχρι τη χαραγή της που αντιστοιχεί στο μηδέν.
3. Τοποθέτησε τη φιάλη κάτω από τη προχοϊδα. Άνοιξε τη στρόφιγγα, ώστε το πρότυπο διάλυμα NaOH να πέφτει με τη μορφή σταγόνων.
4. ΑΝΑΔΕΥΕ ΔΙΑΡΚΩΣ, έως ότου παρατηρήσεις σταθερή αλλαγή του χρώματος του δείκτη. Τη στιγμή αυτή έχει ολοκληρωθεί η εξουδετέρωση. Μόλις συμβεί αυτό κλείσε τη στρόφιγγα της προχοϊδας.
5. Μέτρησε τον όγκο του προτύπου διαλύματος NaOH, που απαιτήθηκε για την εξουδετέρωση.
6. Με χρήση της σχέσης 9 υπολόγισε τη συγκέντρωση του διαλύματος HCl, όπως προέκυψε με τη διαδικασία της ογκομέτρησης:

[Η συγκέντρωση του προτύπου διαλύματος NaOH είναι 0,5M]

Παρατηρούμενο χρώμα του διαλύματος της κωνικής φιάλης στην αρχή της ογκομέτρησης: _____

Παρατηρούμενο χρώμα του διαλύματος της κωνικής φιάλης στο τέλος της ογκομέτρησης: _____

Όγκος προτύπου διαλύματος NaOH που απαιτήθηκε: _____

Μετρήσεις - Υπολογισμοί

C'' = _____ mole/L

Ερωτήσεις

1. Σε ποιους από τους παρακάτω λόγους πιστεύετε ότι οφείλεται η όποια διαφορά των δύο τιμών της συγκέντρωσης του διαλύματος HCl, που μετρήθηκε με δύο διαφορετικές πειραματικές διαδικασίες; [Επιλέξτε ποιες από τις ακόλουθες απαντήσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες]

- a. Σε σφάλματα κατά τη διαδικασία παρασκευής των διαλυμάτων. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
- b. Σε υποκειμενικά σφάλματα κατά την εκτίμηση του σημείου που ολοκληρώθηκε η εξουδετέρωση, στο πείραμα 3. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
- c. Σε σφάλματα κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων στο πείραμα 2 και το σχεδιασμό της πειραματικής ευθείας $R^{-1} = \mu \cdot C$. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
- d. Η ακρίβεια των μετρήσεών μας είναι πολύ μεγάλη και η θεωρία, με βάση την οποία έγινε ο σχεδιασμός του πειράματος 2 δεν περιγράφει με την απαιτούμενη ακρίβεια το φαινόμενο που μελετάμε. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
- e. Η χρήση του δείκτη της βρωμοθυμόλης ήταν λανθασμένη, διότι ο συγκεκριμένος δείκτης γίνεται από κόκκινος πράσινος όταν το pH του διαλύματος ξεπεράσει το 9. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**
- f. Η αγωγιμότητα των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων δεν εξαρτάται από τη συγκέντρωσή τους. **ΣΩΣΤΗ - ΛΑΘΟΣ**

2. Κατά την πειραματική διαδικασία διαπιστώθηκε ότι η αγωγιμότητα του καθαρού νερού είναι σχεδόν μηδενική. Εξηγήστε αυτό το πειραματικό δεδομένο, στο πλαίσιο της θεωρίας της ηλεκτρολυτικής διάστασης.

3. Σε ένα βολτάμετρο που περιέχει νερό, διαλύουμε ζάχαρη. Πώς θα μεταβληθεί η αγωγιμότητα του διαλύματος (α. θα παραμείνει ίση με το μηδέν - β. θα αυξηθεί); Τι θα συμβεί στην αγωγιμότητα του διαλύματος αν αυξήσουμε την ποσότητα της διαλυμένης ζάχαρης στο διάλυμα; Τεκμηριώστε τις απόψεις σας.

Αξιολόγηση της άσκησης

Εργαστηριακή θέση: _____

Υπολογισμός του απαιτούμενου όγκου διαλύματος 1M για την παρασκευή κάθε διαλύματος 1 μονάδα για κάθε διάλυμα	1x4	
Ικανότητα παρασκευής των διαλυμάτων με αραιώση (Μέτρηση όγκου - Αραιώση - Αποθήκευση - Ξέπλυμα)	2x4	
Συναρμολόγηση και λειτουργία πειραματικής διάταξης (Συναρμολόγηση κυκλώματος - Τήρηση κανόνων - Χειρισμός οργάνων μέτρησης)	9	
Λήψη και καταγραφή μετρήσεων (Μέτρηση του ρεύματος - Μέτρηση της τάσης - Καταγραφή στον πίνακα Μετρήσεων) 2 μονάδες για κάθε διάλυμα	2x5	
Συμπλήρωση του Πίνακα Μετρήσεων (Μονάδες - Υπολογισμοί - Μουντζούρες) 6 μονάδες	6	
Κλίμακες, μονάδες και βαθμονόμηση αξόνων γραφήματος. 3 μονάδες για κάθε άξονα	2x3	
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων. 1 μονάδα για κάθε σημείο	5	
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας $R^{-1} = \mu \cdot C$	5	
Μέτρηση της αντίστασης του άγνωστου διαλύματος	6	
Υπολογισμός της συγκέντρωσης του άγνωστου διαλύματος μέσω της πειραματικής ευθείας $R^{-1} = \mu \cdot C$ (Τοποθέτηση της τιμής του R^{-1} στον άξονα - Εύρεση του αντίστοιχου σημείου της ευθείας - Εύρεση της αντίστοιχης τετμημένης του)	6	
Μέτρηση της συγκέντρωσης του άγνωστου διαλύματος με ογκομέτρηση (Πλήρωση της προχοϊδας - Ανάδευση - Εύρεση του σημείου εξουδετέρωσης - Μέτρηση του όγκου του προτύπου διαλύματος)	8	
Χρώμα διαλύματος της κωνικής φιάλης στο τέλος της ογκομέτρησης	1	
Υπολογισμός της συγκέντρωσης του άγνωστου διαλύματος (Εφαρμογή της εξίσωσης 9 - Επίλυση της εξίσωσης - Πράξεις)	6	
Απάντηση στην ερώτηση 1	2x6	
Απάντηση στην ερώτηση 2	4	
Απάντηση στην ερώτηση 3	4	
Σύνολο	100	