

## **ΑΣΚΗΣΗ 5**

### **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΟΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΙΟΝΤΟΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ, ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΚΑΙ ΧΑΛΚΟΥ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ**

**Α' ΜΕΡΟΣ:** Ηλεκτρόλυση του νερού.

#### ΘΕΜΑ:

Εύρεση της μάζας οξυγόνου και υδρογόνου που εκλύονται σε ηλεκτρολυτική συσκευή και υπολογισμός των γραμμοϊσοδυνάμων τους.

#### ΣΥΣΚΕΥΗ

Δοχείο ηλεκτρόλυσης με υδατικό διάλυμα θειικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), μεταβλητή αντίσταση, αμπερόμετρο, πηγή συνεχούς τάσης αποτελούμενη από μετασχηματιστή και ανορθωτή.

#### ΘΕΩΡΙΑ

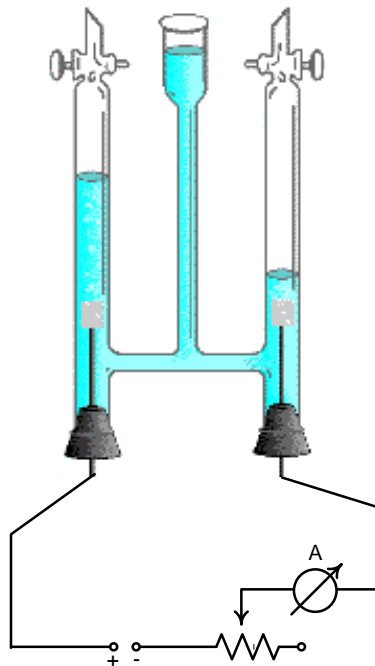
Όπως είναι γνωστό, ηλεκτρολύτες λέγονται τα διαλύματα οξέων, βάσεων και αλάτων και τα τήγματα αλάτων και βάσεων. Οι ηλεκτρολύτες είναι αγωγοί για το ηλεκτρικό ρεύμα, η αγωγιμότητά τους όμως οφείλεται σε ιόντα και όχι σε ηλεκτρόνια όπως συμβαίνει στα μέταλλα και τους ημιαγωγούς. Στα μεν τήγματα των ηλεκτρολυτών τα ιόντα προέρχονται από καταστροφή του πλέγματος λόγω τήξης, ενώ στα διαλύματα από διάσπαση των μορίων της ουσίας που βρίσκεται σε διάλυση λόγω της μεγάλης διηλεκτρικής σταθεράς του διαλύτη.

Όταν μέσα σε ένα δοχείο με ηλεκτρολύτη, βυθίσουμε δύο μεταλλικά ελάσματα (ηλεκτρόδια) και τα συνδέσουμε με πηγή συνεχούς τάσης, τότε τα ιόντα που ήδη υπάρχουν προσανατολίζονται προς τα ηλεκτρόδια κινούμενα με μια οριστική ταχύτητα  $v_{op}$  ανάλογη του ηλεκτρικού πεδίου  $E$  μεταξύ των ηλεκτροδίων:  $v_{op} = \tau E$ . Ο συντελεστής αναλογίας στην παραπάνω εξίσωση λέγεται ευκινησία του ιόντος και εξαρτάται από την θερμοκρασία.

Τα ιόντα κινούμενα προς τα ηλεκτρόδια έρχονται σε επαφή με αυτά και εκφορτίζονται. Το ηλεκτρόδιο το συνδεδεμένο με το θετικό πόλο της πηγής λέγεται άνοδος, ενώ το συνδεδεμένο με τον αρνητικό πόλο κάθοδος. Η μάζα των ιόντων που εκφορτίζονται συνδέεται με το ηλεκτρικό φορτίο που περνάει από την ηλεκτρολυτική συσκευή με το γνωστό νόμο του Faraday:

*Αν κατά την ηλεκτρόλυση μιας ουσίας περάσει φορτίο **96.500 C** από την συσκευή, τότε εκφορτίζεται ένα γραμμοϊσοδύναμο (**greq**) θετικών ιόντων στην κάθοδο και ένα γραμμοϊσοδύναμο αρνητικών ιόντων στην άνοδο.*

Τα ιόντα ονομάζονται κατιόντα και ανιόντα αντίστοιχα. Το γραμμοϊσοδύναμο ιόντος (greq) που αναφέρθηκε παραπάνω είναι ποσότητα σε γραμμάρια τόση όσο είναι το ατομικό βάρος του στοιχείου δια του σθένους του ιόντος.

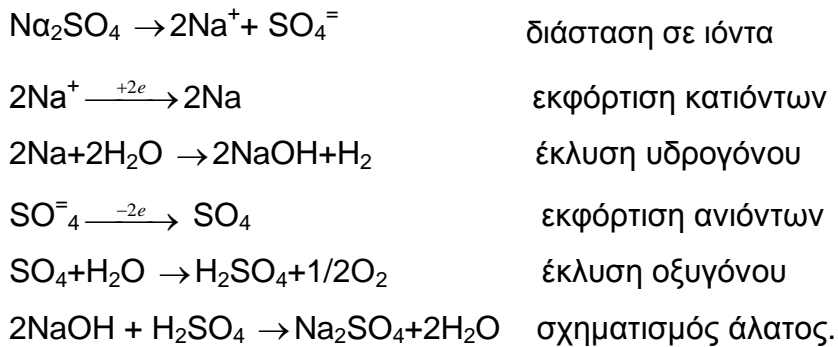


Σχήμα 1: Συσκευή ηλεκτρόλυσης

Συνεπώς ισχύει: 
$$greq = \frac{AB_{\text{στοιχείου}}}{\Sigma\theta\acute{\epsilon}\nu\omicron\varsigma\ \acute{\iota}\omicron\upsilon\tau\omicron\varsigma} \quad (1)$$

Για παράδειγμα το γραμμοϊσοδύναμο ιόντος οξυγόνου είναι  $16g/2=8g$  και ιόντος υδρογόνου είναι  $1g/1=1g$ .

Στη συσκευή της άσκησης ο ηλεκτρολύτης που χρησιμοποιείται είναι διάλυμα  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  και η ηλεκτρόλυση ακολουθεί τις παρακάτω εξισώσεις:



Τα ηλεκτρόδια της συσκευής είναι από λευκόχρυσο για να μη προσβάλλονται από το ατομικό οξυγόνο που ελευθερώνεται στην άνοδο. Τα αέρια που ελευθερώνονται συγκεντρώνονται σε σωλήνες βαθμολογημένους σε όγκο ( $\text{ml}$  ή  $\text{cm}^3$ ) όπως φαίνεται στο σχήμα 1.

Στην άσκηση υπολογίζουμε τις μάζες των αερίων  $\text{H}_2$  και  $\text{O}_2$  από τους όγκους τους ως εξής: Χρησιμοποιούμε τη σχέση των ιδανικών αερίων για σταθερή πίεση

$$V_0 = V \frac{T_0}{T} \quad (2)$$

και με τα γνωστά τη θερμοκρασία  $T$  και τον όγκο  $V$  για κάθε αέριο, υπολογίζουμε τον όγκο  $V_0$  που θα κατελάμβανε κάθε αέριο σε κανονικές συνθήκες ( $P_0=1 \text{ Atm}$ ,  $T_0=273 \text{ K}$ ). Η σχέση (2) ισχύει αν υποθέσουμε ότι η πίεση των αερίων είναι ατμοσφαιρική. Εύκολα μπορεί να υπολογισθεί η πίεση του κάθε αερίου

$$P_{\text{αερ}} = P_{\text{ατμ}} + \varepsilon h - P_{\text{κν}} \quad (3)$$

όπου  $P_{\text{ατμ}}$  είναι η ατμοσφαιρική πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού,  $\varepsilon$  το ειδικό βάρος του διαλύματος,  $h$  η διαφορά στάθμης που είναι σημειωμένη στο σχήμα 1 και  $P_{\text{κν}}$  η τάση των κεκορεσμένων υδρατμών. Από τη σχέση (3) φαίνεται ότι η πίεση κάθε αερίου δεν διαφέρει πολύ από την ατμοσφαιρική και μπορούμε με αρκετά καλή προσέγγιση, να τη θεωρήσουμε ίση. Η μάζα  $m$  κάθε αερίου υπολογίζεται με τη μέθοδο των τριών, αφού είναι

γνωστό ότι 32gr οξυγόνου ή 2 gr υδρογόνου, κάτω από κανονικές συνθήκες, έχουν όγκο  $22.400 \text{ cm}^3$ . Επομένως ισχύει για το οξυγόνο:

$$m_{O_2} = 32g \frac{V_0}{22.400 \text{ cm}^3} = 32g \frac{V}{22.400 \text{ cm}^3} \frac{T_0}{T} \quad (4)$$

$$T = (\theta_{\text{θερμόμετρου}} + 273) K$$

Ο αριθμός των γραμμοϊσοδύναμων  $N_{greq}$  που παρήχθησαν κατά την ηλεκτρόλυση βρίσκεται διαιρώντας το ηλεκτρικό φορτίο  $Q$  που διήλθε από τη συσκευή προς τη σταθερά του Faraday ( $F=96.500 \text{ C}$ ). Στην περίπτωση σταθερού ρεύματος, το φορτίο υπολογίζεται από το ρεύμα  $I$  (σε A) και το χρόνο  $t$  (σε sec). Επομένως:

$$N_{greq} = \frac{Q}{96.500 \text{ C}} = \frac{I \cdot t}{96.500 \text{ C}} \quad (5)$$

Διαιρώντας τις σχέσεις (4) και (5) υπολογίζουμε την τιμή του γραμμοϊσοδύναμου για κάθε ιόν. Για το ιόν οξυγόνου ( $O^{-2}$ ) ισχύει:

$$greq_{O^{-2}} = \frac{m_{O_2}}{N_{greq}} \quad (6)$$

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Συνδέστε το κύκλωμα που έχει σχεδιαστεί στο Σχήμα 1.
2. Ανοίξτε τις στρόφιγγες εξαγωγής των αερίων στο επάνω μέρος των σωλήνων και περιμένετε έως ότου οι στάθμες τους εξισωθούν. Μετρήστε την αρχική ένδειξη του όγκου σε κάθε σωλήνα.
3. Ξεκινήστε την ηλεκτρόλυση χρονομετρώντας. Διεξάγετε την ηλεκτρόλυση επί αρκετό χρόνο  $t$  ώστε οι όγκοι των αερίων που συγκεντρώνονται στους δύο βαθμολογημένους σωλήνες να είναι ευανάγνωστοι. Κατά τη διάρκεια

της ηλεκτρόλυσης προσέχετε ώστε το ρεύμα  $I$  να παραμείνει σταθερό, με τιμή κοντά στα 100 mA. Εάν το ρεύμα αλλάξει, το ξαναφέρνετε στην αρχική τιμή του με τη βοήθεια της ρυθμιστικής αντίστασης που είναι ενσωματωμένη στην πηγή τάσης.

4. Σημειώστε στους τιμές  $I$  και  $t$ .
5. Μετρείστε τον όγκο των αερίων με τη βοήθεια στους βαθμολογίας των σωλήνων στους οποίους έχουν συγκεντρωθεί. Αφαιρέστε την αρχική ένδειξη από κάθε όγκο. Σημειώστε τη θερμοκρασία δωματίου από το θερμόμετρο που θα σας δοθεί.
6. Με τη παραδοχή που συζητήθηκε στη θεωρία, βρείτε τον όγκο κάθε αερίου σε κανονικές συνθήκες από την εξίσωση (2).
7. Βρείτε τη μάζα κάθε αερίου από την εξίσωση (4).
8. Με γνωστή την ποσότητα των ηλεκτρικού φορτίου που πέρασε από τη συσκευή και το νόμο του Faraday, βρείτε το γραμμοϊσοδύναμο του υδρογόνου και του οξυγόνου από την εξίσωση (6).
9. Να συγκρίνετε τις θεωρητικές τιμές των γραμμοϊσοδυνάμων (εξίσωση 1) με τις πειραματικές που υπολογίσατε και να βρείτε την επί τοις εκατό διαφορά:  $\left| \text{greq}_{\text{θεωρ}} - \text{greq}_{\text{πειρ}} \right| / \text{greq}_{\text{θεωρ}}$ . Σχολιάστε. Ποιοι οι παράγοντες που εισάγουν σφάλματα στις μετρήσεις σας;

**Β' ΜΕΡΟΣ: Ηλεκτρόλυση του θειικού χαλκού (CuSO<sub>4</sub>).**ΘΕΜΑ

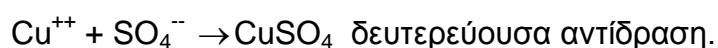
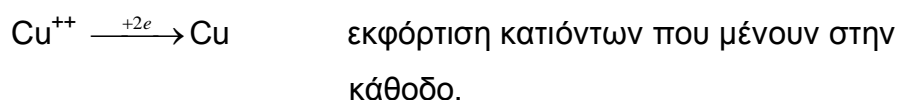
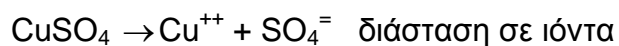
Ηλεκτρόλυση διαλύματος CuSO<sub>4</sub> και υπολογισμός του γραμμοϊσοδύναμου ιόντος χαλκού από τη μεταβολή της μάζας της ηλεκτροδίου και το νόμο του Faraday.

ΣΥΣΚΕΥΗ

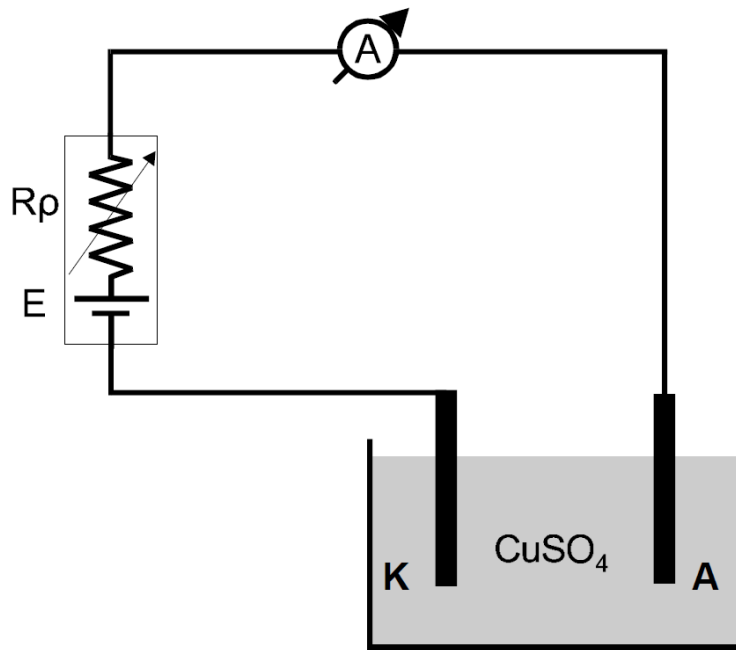
Δοχείο ηλεκτρόλυσης με διάλυμα CuSO<sub>4</sub>, ηλεκτρόδια από Cu, μεταβλητή αντίσταση, αμπερόμετρο, πηγή συνεχούς τάσης, ζυγός με σταθμά. Η πηγή συνεχούς τάσης αποτελείται από ένα μετασχηματιστή και έναν ανορθωτή.

ΘΕΩΡΙΑ

Στο δεύτερο μέρος της άσκησης ηλεκτρολύουμε διάλυμα CuSO<sub>4</sub> χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια από Cu. Η πορεία της ηλεκτρόλυσης ακολουθεί της παρακάτω εξισώσεις.



Από της παραπάνω αντιδράσεις, είναι φανερό ότι κατά τη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης γίνεται μια μετακίνηση Cu από την άνοδο στη κάθοδο. Έτσι οι μάζες και των δύο ηλεκτροδίων είναι διαφορετικές πριν και μετά την ηλεκτρόλυση. Η μεν κάθοδος παρουσιάζεται με επί πλέον μάζα Δm, ενώ η άνοδος παρουσιάζει έλλειμμα το ίδιο ποσό μάζας Δm. Μετρώντας τη μάζα των δύο ηλεκτροδίων πριν και μετά την ηλεκτρόλυση, την ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που πέρασε από το κύκλωμα κατά τη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης και χρησιμοποιώντας το νόμο του Faraday, υπολογίζουμε το γραμμοϊσοδύναμο ιόντος χαλκού.



Σχήμα 2: Διάταξη ηλεκτρόλυσης CuSO<sub>4</sub>

## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Ζυγίστε τα δύο ηλεκτρόδια. ΠΡΟΣΟΧΗ τα ηλεκτρόδια πρέπει να είναι στεγνά και καθαρά.
2. Συνδέστε το κύκλωμα του σχήματος 2. Φροντίστε με τη βοήθεια της ρυθμιστικής αντίστασης να κρατάτε το ρεύμα  $I$  σταθερό, με τιμή κοντά στο 1A σε όλη τη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης. Σημειώστε τη τιμή του ρεύματος  $I$  και το χρόνο  $t$  της διάρκειας της ηλεκτρόλυσης.
3. Μετά το τέλος της ηλεκτρόλυσης αφού ξηράνετε τα ηλεκτρόδια, ζυγίστε τα πάλι.
4. Από τη διαφορά μάζας του κάθε ηλεκτροδίου βρείτε πόσα gr Cu μετακινήθηκαν από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο. Είναι οι δύο μάζες ίσες; Αν όχι, ποια από τις δύο τιμές είναι πιο αξιόπιστη;

5. Με γνωστή την ποσότητα των ηλεκτρικού φορτίου που πέρασε από τη συσκευή και το νόμο του Faraday, βρείτε το γραμμοϊσοδύναμο του χαλκού από την εξίσωση (6).
  
6. Να συγκρίνετε τη θεωρητική τιμή του γραμμοϊσοδύναμου του χαλκού (εξίσωση 1,  $AB_{Cu}=63,55g$ ) με την πειραματική τιμή που υπολογίσατε και να βρείτε την επί τοις εκατό διαφορά:  $|greq_{θεωρ} - greq_{πειρ}| / greq_{θεωρ}$ . Σχολιάστε. Ποιοι οι παράγοντες που εισάγουν σφάλματα στις μετρήσεις σας;