

Πείραμα 5.15 - Ηλεκτρόλυση νερού ή αραιού διαλύματος θειικού οξέος

Σύντομη περιγραφή του πειράματος

Ηλεκτρόλυση νερού ή ηλεκτρόλυση αραιού διαλύματος θειικού οξέος με ηλεκτρόδια λευκοχρύσου και με χρήση της συσκευής Hoffman.

Διδακτικοί στόχοι του πειράματος

Στο τέλος αυτού του πειράματος θα πρέπει ο μαθητής:

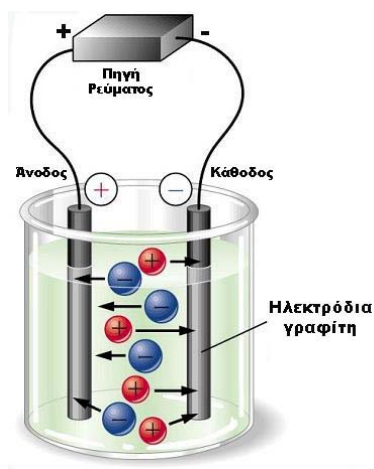
- Να περιγράφει τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης και να εξηγεί το μηχανισμό της.
- Να αναγνωρίζει τις αντιδράσεις της οξείδωσης και της αναγωγής που συμβαίνουν στην άνοδο και στην κάθοδο αντίστοιχα του ηλεκτρολυτικού στοιχείου.
- Να μπορεί να εξηγεί τις αλλαγές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια μιας ηλεκτροχημικής αντίδρασης (παραγωγή αερίων ηλεκτρόλυσης O_2 , H_2).
- Να μπορεί να κάνει ταυτοποίηση των προϊόντων της ηλεκτρόλυσης.
- Να αναγνωρίζει, μέσα από τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης, το ρόλο της επιστήμης της Χημείας στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου.
- Να εκτελεί ένα πείραμα σε μικρή κλίμακα που να αναπαριστά μια βιομηχανική διαδικασία όπως είναι η βιομηχανική ηλεκτρολυτική παραγωγή χημικών προϊόντων.
- Να αποκτήσει την ικανότητα χειρισμού εργαστηριακών οργάνων, όπως συναρμολόγηση και λειτουργία της συσκευής Hoffman.

Βασικές γνώσεις -Αντιδράσεις



Ηλεκτρόλυση είναι το σύνολο των αντιδράσεων οξείδωσης και αναγωγής που λαμβάνουν χώρα σε ένα τήγμα ή διάλυμα ενός ηλεκτρολύτη όταν εφαρμόσουμε κατάλληλη διαφορά δυναμικού στα άκρα των ηλεκτροδίων.

- Η συσκευή της ηλεκτρόλυσης ονομάζεται ηλεκτρολυτικό στοιχείο ή βολτάμετρο και περιλαμβάνει το δοχείο, τα ηλεκτρόδια, τον ηλεκτρολύτη και την πηγή ρεύματος.



Συσκευή ηλεκτρόλυσης με ηλεκτρόδια γραφίτη

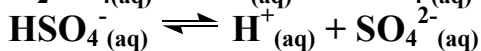
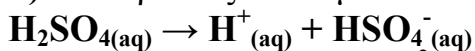
- Κατά την ηλεκτρόλυση πραγματοποιείται μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική ενέργεια.
- Μέσα στον ηλεκτρολυτικό αγωγό (ηλεκτρολύτη), τήγμα ή διάλυμα, δεν έχουμε μετακίνηση ηλεκτρονίων αλλά ιόντων του ηλεκτρολύτη.
- Τα ηλεκτρόνια μετακινούνται στο εξωτερικό κύκλωμα που συνδέει την πηγή ρεύματος (μπαταρία) με τα δύο ηλεκτρόδια.
- Το ηλεκτρόδιο που συνδέεται με το θετικό πόλο (+) της πηγής ονομάζεται άνοδος, ενώ το ηλεκτρόδιο που συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της πηγής (-) ονομάζεται κάθοδος.
- Η μπαταρία προωθεί ηλεκτρόνια στην κάθοδο, που γι' αυτό το λόγο είναι το αρνητικό ηλεκτρόδιο, όπου και πραγματοποιείται αναγωγή των θετικά φορτισμένων ιόντων του ηλεκτρολύτη που προσελκύονται στο ηλεκτρόδιο αυτό.

- Στο ηλεκτρόδιο της ανόδου, που είναι το θετικά φορτισμένο ηλεκτρόδιο, προσελκύονται τα ανιόντα του ηλεκτρολύτη και υφίστανται οξείδωση. Τα ηλεκτρόνια που γεννιούνται από την οξείδωση, προσελκύονται από το θετικό πόλο της πηγής, αφήνοντας το ηλεκτρόδιο της ανόδου θετικά φορτισμένο.
- Επομένως η ροή των ηλεκτρονίων είναι η εξής:
 - ✚ Τα ηλεκτρόνια γεννιούνται στην άνοδο από διαδικασία οξείδωσης.
 - ✚ Μετακινούνται μέσω μεταλλικού αγωγού στο θετικό πόλο της πηγής όπου προσελκύονται.
 - ✚ Από τον αρνητικό πόλο της πηγής προωθούνται στην κάθοδο, όπου και καταναλώνονται σε διαδικασία αναγωγής.
- Οι κυριότερες αντιδράσεις που γίνονται κατά τη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης είναι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις κατά τις οποίες παράγονται αέρια ή αποτίθενται ή διαλύονται μέταλλα.

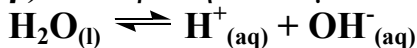
Κατά την ηλεκτρόλυση του νερού συμβαίνουν τα εξής:

Στο διάλυμα γίνονται οι εξής αντιδράσεις:

α) Αντιδράσεις ιοντισμού του διαλύματος του H_2SO_4 :



β) Αντίδραση ιοντισμού του νερού:



Επομένως στο διάλυμα εμφανίζονται τα εξής :

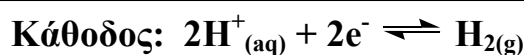
SO_4^{2-} , HSO_4^- : Λόγω ιοντισμού του θειικού οξέος

H^+ : Λόγω ιοντισμού του θειικού οξέος και του νερού

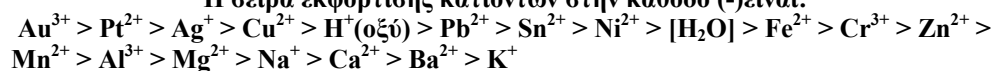
OH^- : Λόγω ιοντισμού του νερού

H_2O : Υπάρχουν και μόρια νερού που δεν έχουν ιοντιστεί

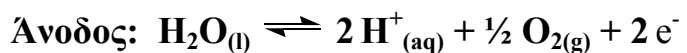
Κάθοδος (-) : Προς την κάθοδο θα κινηθούν τα H^+ , H_2O . Το περιβάλλον στην περιοχή της καθόδου είναι όξινο (αφού τα H^+ προέρχονται κυρίως από τον ιοντισμό του H_2SO_4). Μεταξύ αυτών των δύο από τη σειρά εκφόρτισης προηγούνται τα H^+ . Άρα αυτά θα αναχθούν στην κάθοδο σύμφωνα με την αντίδραση:



Η σειρά εκφόρτισης κατιόντων στην κάθοδο (-) είναι:



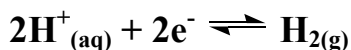
Άνοδος (+) : Προς την άνοδο θα κινηθούν τα HSO_4^- , SO_4^{2-} , OH^- , H_2O . Στην περιοχή αυτή υπάρχουν πολύ λίγα OH^- (αφού αυτά προέρχονται από τον ιοντισμό του H_2O) δηλαδή το περιβάλλον στην περιοχή της ανόδου δεν είναι βασικό. Άρα ουσιαστικά συναγωνίζονται τα HSO_4^- , SO_4^{2-} και τα H_2O . Μεταξύ αυτών από τη σειρά εκφόρτισης προηγούνται τα H_2O . Άρα αυτά θα οξειδωθούν στην άνοδο σύμφωνα με την αντίδραση (οξείδωση του οξυγόνου του H_2O) :



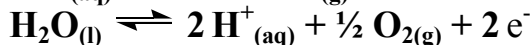
Η σειρά εκφόρτισης ανιόντων στην άνοδο (+) είναι:
 $\text{S}^{2-} > \text{OH}^-$ (βάση) $> \text{J}^- > [\text{H}_2\text{O}] > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{οξυγονούχα ιόντα} > \text{F}^-$

Προσθέτοντας τις δύο αντιδράσεις διαπιστώνουμε ότι το συνολικό αποτέλεσμα της ηλεκτρόλυσης του θεικού οξέος ανταποκρίνεται στον ιοντισμό του νερού, για το λόγο αυτό πιο συχνά, η ηλεκτρόλυση του θεικού οξέος ονομάζεται «ηλεκτρόλυση νερού».

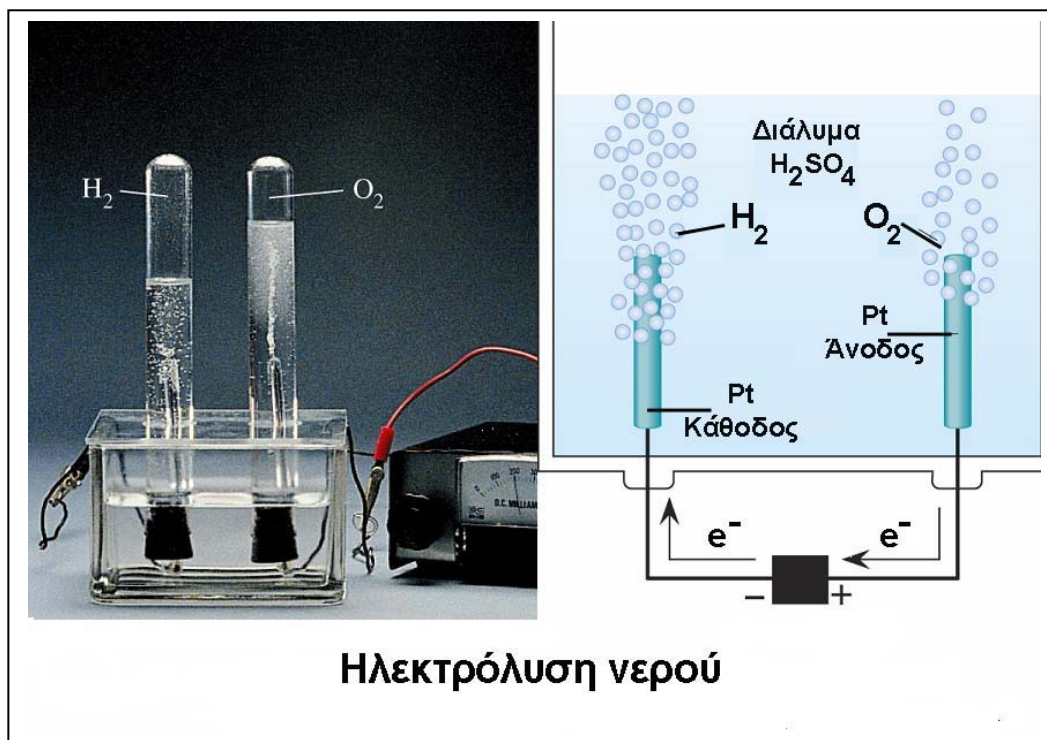
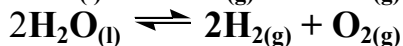
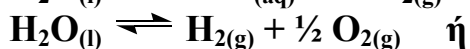
Κάθοδος (-) :



Άνοδος (+) :



Συνολική αντίδραση:



Ηλεκτρόλυση νερού

Απαιτούμενα Σκεύη - Όργανα - Αντιδραστήρια



Σκεύη -Όργανα	Αντιδραστήρια
Συσκευή ηλεκτρόλυσης Hoffman με ηλεκτρόδια Pt	Διάλυμα θεικού οξέος 25% w/w (H ₂ SO ₄)
Μπαταρία 16 Volt (4X4,5V σε σειρά) ή τροφοδοτικό με ρυθμιζόμενη τάση	
Χωνί διηθήσεως, αναπτήρας με μακρύ λαιμό	
1 μικρός δοκιμαστικός σωλήνας	
Παρασχίδα ανίχνευσης αερίου O ₂	
2 Αγωγοί ρεύματος με κροκοδειλάκια	
Μονωτική ταινία για στερέωση ηλεκτροδίων	

Συστάσεις ασφαλείας

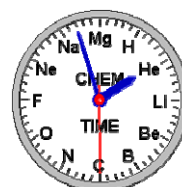
Θεικό οξύ H₂SO₄: (CAS No.7664-93-9). Είναι υγρό, άχρωμο και άοσμο. Το πυκνό θεικό οξύ είναι ιδιαίτερα διαβρωτικό. Προκαλεί σοβαρά εγκαύματα. Φορέστε γάντια και την κατάλληλη προστασία ματιών κατά τη χρησιμοποίηση αυτής της ουσίας. Αποφύγετε την επαφή με το δέρμα ή τα ενδύματα.

Οι πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους στο χειρισμό αυτών των χημικών ουσιών μπορούν να ληφθούν από τα φύλλα δεδομένων ασφαλείας υλικών που είναι διαθέσιμα στο εργαστήριο.

Ιδιότητες

Χημική ένωση	M _r	Σ.τ.(°C)	Σ.ζ.(°C)	Πυκνότητα (g/mL)
H ₂ SO ₄ (Θεικό οξύ)	98,08	3	335	1,84



Απαιτούμενος χρόνος για το πείραμα : 45 Λεπτά



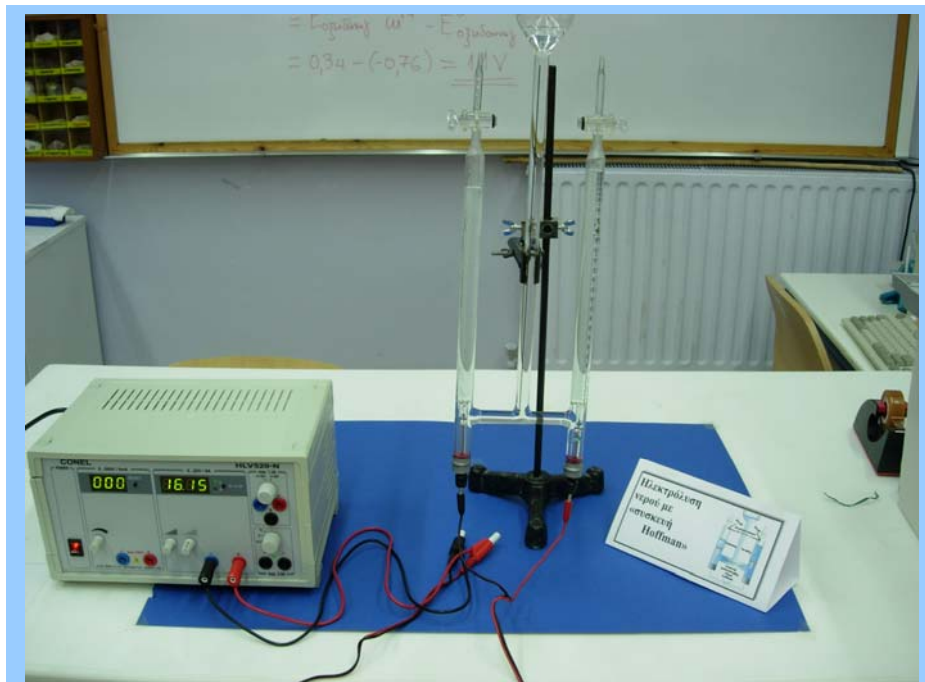
Πειραματική διαδικασία



Μέρος I: Παρασκευή αιθανόλης

-  Τοποθετούμε τα δύο ηλεκτρόδια της συσκευής Hoffman. Επειδή υπάρχει κίνδυνος να αποσυνδεθούν, λόγω της πίεσης που ασκεί το διάλυμα του θειικού οξέος, τα στερεώνουμε στη γυάλινη συσκευή Hoffman με τη βοήθεια μονωτικής ταινίας.
-  Με το διάλυμα του θειικού οξέος (H_2SO_4) 25% w/w, γεμίζουμε το βολτάμετρο τύπου Hoffman ως εξής:
- ❖ Ανοίγουμε τη μία στρόφιγγα και προσθέτουμε το διάλυμα του οξέος από το μεσαίο σωλήνα.
 - ❖ Το διάλυμα πρέπει να φτάσει μέχρι τη βάση της στρόφιγγας και όχι μέσα σ' αυτήν.
 - ❖ Κλείνουμε τη στρόφιγγα αυτή και ανοίγουμε την άλλη ώστε να γεμίσει και ο άλλος σωλήνας με τον ίδιο ακριβώς τρόπο.
 - ❖ Συμπληρώνουμε το μεσαίο σωλήνα με το διάλυμα του οξέος μέχρι το σημείο που αρχίζει να διευρύνεται.

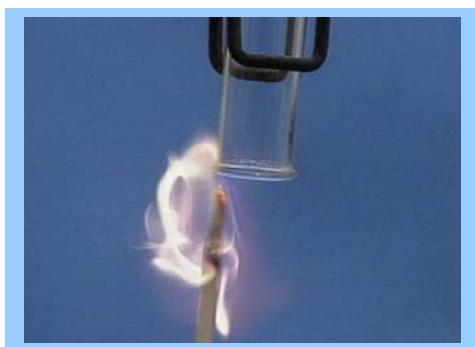
- 👤 Συνδέουμε τα ηλεκτρόδια της συσκευής, με τη βοήθεια των καλωδίων που φέρουν κροκοδειλάκια, με τους πόλους του μετασχηματιστή, με τάση περίπου 16V ή με 4 μπαταρίες των 4,5 V συνδεμένες σε σειρά.
- 👤 Μετά τη διέλευση 10-15 λεπτών καταγράφουμε τις παρατηρήσεις μας.



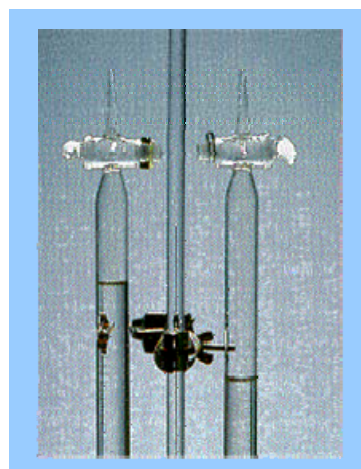
Συσκευή Hoffman για ηλεκτρόλυση νερού

Διαδικασία ανίχνευσης αερίων προϊόντων της ηλεκτρόλυσης:

- 🔗 Μετά τη διέλευση 10-15 λεπτών παρατηρούμε αλλαγή της στάθμης του διαλύματος του οξέος στους δύο σωλήνες της συσκευής, εξ' αιτίας της παραγωγής αερίων (H_2 , O_2), με τη μορφή φυσαλίδων, με αναλογία όγκων 2:1 αντίστοιχα.
- 🔗 Για την ανίχνευση του O_2 που παράγεται στην άνοδο (+) κάνουμε το εξής: Πλησιάζουμε στο στόμιο του σωλήνα, που περιέχει το αέριο O_2 (το τμήμα της συσκευής με τη μικρότερη ποσότητα αερίου), μια μισοσβησμένη παρασχίδα και ανοίγουμε σιγά-σιγά τη στρόφιγγα, οπότε και παρατηρούμε ανάφλεξη της παρασχίδας.

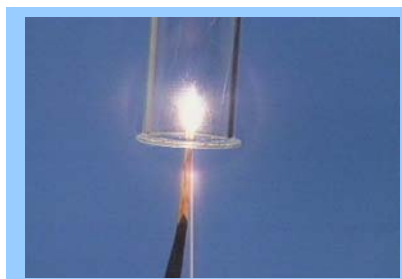


Ανίχνευση O_2



Αναλογία όγκων αερίων $O_2:H_2$ 1:2

- 🔗 Για την ανίχνευση του H_2 που παράγεται στην κάθοδο (-) κάνουμε το εξής: Πλησιάζουμε το στόμιο δοκιμαστικού σωλήνα στο σημείο της στρόφιγγας που αντιστοιχεί στο σωλήνα που περιέχει το αέριο H_2 (το τμήμα της συσκευής με τη μεγαλύτερη ποσότητα αερίου). Στη συνέχεια ανοίγουμε τη στρόφιγγα ώστε το αέριο να μπει μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα και πολύ γρήγορα, (ώστε να μην προλάβει να διαφύγει το αέριο), πλησιάζουμε στο στόμιο του σωλήνα αναμμένο μακρόλαιμο αναπτήρα οπότε και ακούγεται ένας χαρακτηριστικός κρότος εξ' αιτίας του υδρογόνου: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$. Ο κρότος ακούγεται επειδή γίνεται απότομα, με την ανάφλεξη, ελάττωση του όγκου των αερίων, δηλαδή οι τρεις όγκοι (δύο όγκοι $H_{2(g)}$ και ένας όγκος $O_{2(g)}$), γίνονται δύο όγκοι $H_2O_{(l)}$.



Ανίχνευση H_2