



ΠΕΙΡΑΜΑ 4 ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑΣ (ΗΧ4)

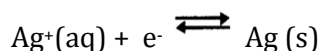
Τίτλος Πειράματος:  
**ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ NERNST  
ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ**



**Η ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΟΥ NERNST**



Θεωρούμε το οξειδοαναγωγικό ζεύγος  $\text{Ag}^+(\text{aq}) / \text{Ag}(\text{s})$ . Η ημιαντίδραση αναγωγής και η εξίσωση του Nernst γι' αυτήν είναι:



$$E = E_0 - (RT/nF) \ln (a_{\text{ανηγμένη}}/a_{\text{οξειδωμένη}}) = E_0 - (RT/1F) \ln (a_{\text{Ag}}/a_{\text{Ag}^+}) \quad (1)$$

Στην (1)  $E$  είναι το δυναμικό του ημιστοιχείου,  $E_0$  το κανονικό δυναμικό αναγωγής του ζεύγους  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  ( $= 0,799 \text{ V}$ ) και  $a$  οι ενεργότητες. Για τα στερεά, η ενεργότητα ισούται με την μονάδα, άρα  $a_{\text{Ag}} = 1$ .

Η ενεργότητα  $a$  ενός ιόντος στο διάλυμα ορίζεται ως το γινόμενο  $a = \gamma C$ , όπου  $\gamma$  ο συντελεστής ενεργότητας του ιόντος στο διάλυμα και  $C$  η συγκέντρωση του ιόντος. Έτσι  $a_{\text{Ag}^+} = \gamma_{\text{Ag}^+} C_{\text{Ag}^+}$ .

Ο συντελεστής ενεργότητας (ακριβέστερα ο μέσος συντελεστής ενεργότητας ενός ηλεκτρολύτη  $\gamma_{\pm}$ ) μπορεί να προσδιοριστεί από μετρήσεις ΗΕΔ γαλβανικών στοιχείων. Ο συντελεστής ενεργότητας εξαρτάται από τη συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη και από τη θερμοκρασία. Όταν  $C \rightarrow \infty$  (δηλαδή για διάλυμα άπειρης αραιώσης ή πρακτικά για πολύ αραιό διάλυμα  $\gamma \rightarrow 1$  και  $a \rightarrow C$ ). Για τα συνηθισμένα διαλύματα,  $\gamma < 1$  και  $a < C$ .

Η θεωρία ενδοϊοντικών έλξεων των Debye και Hückel παρέχει και θεωρητικές εξισώσεις για τον υπολογισμό των  $\gamma_i$  και  $\gamma_{\pm}$  (**οριακός νόμος Debye-Hückel** και **εξίσωση Debye-Hückel**).



**ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ:** Γαλβανικό στοιχείο, κεκορεσμένο ηλεκτρόδιο καλομέλανος, νόμος Nernst, ιοντική ισχύς, συντελεστής ενεργότητας ιόντος, μέσος συντελεστής ενεργότητας ηλεκτρολύτη.



**ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:** Η μελέτη της ισχύος του νόμου του Nernst στην περίπτωση του ηλεκτροδίου του αργύρου-εξάρτηση ηλεκτρεγερτικής δύναμης από την ιοντική ισχύ.



**ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:** Το δυναμικό του ηλεκτροδίου αργύρου θα μετρηθεί ως προς αυτό του κεκορεσμένου ηλεκτροδίου καλομέλανος ως ΗΕΔ του γαλβανικού στοιχείου:

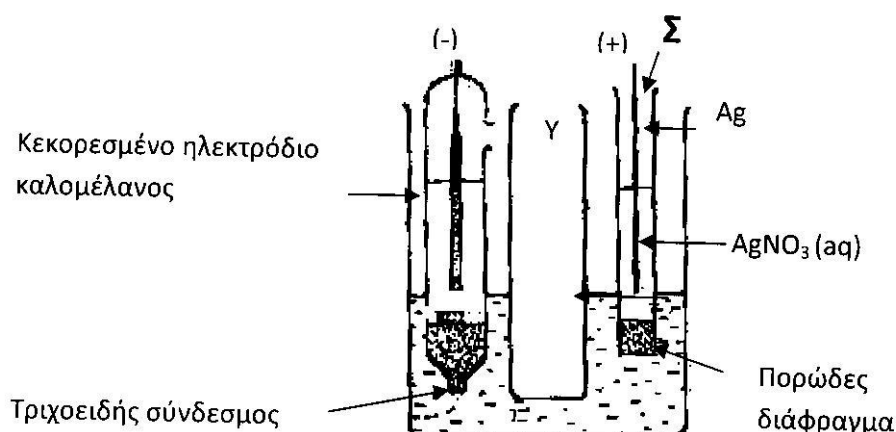
(-) κεκορεσμένο ηλεκτρόδιο καλομέλανος | 1M KNO<sub>3</sub> | m AgNO<sub>3</sub> (1-m) KNO<sub>3</sub> | Ag (+)



**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ.** Ως πρότυπο κεκορεσμένο ηλεκτρόδιο καλομέλανος χρησιμοποιούμε έτοιμο βιομηχανικής κατασκευής.

ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΓΙΑ ΤΟ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΚΑΛΟΜΕΛΑΝΟΣ ΘΑ ΒΡΕΙΤΕ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗΣ (HX3A ή HX3B).

Μέσα σε υοειδή σωλήνα (σωλήνα σχήματος U), που περιέχει **ηλεκτρολυτικό σύνδεσμο** KNO<sub>3</sub> 1M (**γέφυρα άλατος**) βυθίζουμε τα δύο ηλεκτρόδια, όπως δείχνει το Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Το γαλβανικό στοιχείο του πειράματος.

Το ηλεκτρόδιο του αργύρου κατασκευάζεται από υάλινο σωλήνα, **Σ**, το κάτω μέρος του οποίου φράσσεται με **πορώδες διάφραγμα** (Σχ. 1). Μέσα σε αυτό εισάγουμε διαδοχικά τα προς μέτρηση διαλύματα του AgNO<sub>3</sub> -KNO<sub>3</sub> και το σύρμα από καθαρό άργυρο το οποίο αποτελεί το **θετικό ηλεκτρόδιο** του γαλβανικού στοιχείου.

Η πειραματική εργασία ξεκινά με την κατασκευή κατάλληλου πορώδους διαφράγματος από μια στενή λωρίδα διηθητικού χαρτιού, περιτυλίσσοντας το ώστε να φτιάξουμε κάτι σαν φίλτρο ενός



τσιγάρου. Δοκιμάζουμε τη στεγανότητα του διαφράγματος ως εξής: εισάγουμε μέσα στον σωλήνα **Σ** απεσταγμένο νερό μέχρι ύψους περίπου 10 cm πάνω από το πορώδες διάφραγμα και το αφήνουμε κατακόρυφο παρακολουθώντας την ταχύτητα εκροής του. Αυτή πρέπει να είναι περίπου 1 σταγόνα ανά λεπτό. Το προσωπικό μπορεί να σας δώσει επιπλέον οδηγίες.

Κατόπιν εισάγουμε διαδοχικά τα προς μέτρηση διαλύματα και για κάθε διάλυμα μετρούμε την ΗΕΔ του στοιχείου (E<sub>χ</sub>) σε ορισμένη θερμοκρασία.



## ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

**ΟΡΓΑΝΑ:** Χιλιοστοβολτόμετρο

**ΛΟΙΠΑ ΥΛΙΚΑ:** Ηλεκτρόδιο αργύρου, ηλεκτρόδιο καλομέλανος, ηλεκτρολυτική γέφυρα (γυάλινος υοειδής σωλήνας), ηθμός πάχους 4 εκ. από διηθητικό χαρτί, υάλινος σωλήνας για το ηλεκτρόδιο αργύρου, ποτήρι ζέσεως των 250 mL.

**ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ:** Απεσταγμένο  $H_2O$ , διάλυμα  $KNO_3$  2M, 6 διαφορετικών συγκεντρώσεων διαλύματα  $AgNO_3$  και  $KNO_3$ , αιθανόλη (για τον καθαρισμό των ηλεκτροδίων αργύρου μεταξύ των μετρήσεων).

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** ΤΑ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ ΕΤΟΙΜΑ.



## ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Αποφύγετε επαφών χρησιμοποιούμενων αντιδραστηρίων, και ιδιαίτερα του διαλύματος  $AgNO_3$ , με στόμα, δέρμα και μάτια. Σε επαφή με το δέρμα, το διάλυμα  $AgNO_3$  σχηματίζει μελάνη κηλίδα. Σε περίπτωση επαφής, ξεπλύνετε αμέσως με άφθονο νερό βρύσης. Σε περίπτωση ατυχήματος να το αναφέρετε αμέσως σε υπεύθυνο του εργαστηρίου.

Απορρίψετε τα χρησιμοποιηθέντα αντιδραστήρια στις ειδικές σημασμένες φιάλες. Θα σας ενημερώσει γι' αυτές το προσωπικό του εργαστηρίου.



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Αρχίζουμε από το αραιότερο διάλυμα. Αφήνουμε τον σωληνίσκο Σ γεμισμένο με διάλυμα στον αέρα ώστε να στάξει 5 σταγόνες (έκπλυση του πορώδους) και στη συνέχεια εισάγουμε το σύρμα Ag το οποίο προηγουμένως έχουμε καθαρίσει με το διάλυμα αιθανόλης.

Το παρασκευαζόμενο ημιστοιχείο αργύρου το εισάγουμε στον υοειδή σωλήνα όπως επίσης και το ηλεκτρόδιο του καλομέλανος. Ο υοειδής σωλήνας, περιέχει τον ηλεκτρολυτικό σύνδεσμο  $KNO_3$  2M, μέχρι τέτοιο ύψος ώστε να μη πιέζεται το διάλυμα του συνδέσμου να εισέλθει στα ηλεκτρόδια λόγω υδροστατικής πίεσης.

Παρακολουθούμε την ένδειξη του χιλιοστοβολτομέτρου μέχρι να έχει ικανοποιητική σταθερότητα,  $\pm 1mV$ . Καταγράφουμε την σχετική τιμή.

Κατόπιν αφαιρούμε το ηλεκτρόδιο αργύρου, το ξεπλύνουμε με υδροβολέα και το εισάγουμε μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα με οινόπνευμα. Αφαιρούμε προσεχτικά τον σωληνίσκο Σ με το διάλυμα που μετρήθηκε και αποχύνουμε το διάλυμα αυτό.



ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΥΜΕ ΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΦΙΑΛΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΩΝ ΥΓΡΩΝ.

Τοποθετούμε στον **Σ** το επόμενο διάλυμα, χωρίς ενδιάμεση έκπλυση με νερό, ξεπλένοντας με λίγο από το επόμενο (πυκνότερο) διάλυμα. Τον κρατάμε κατακόρυφα μέχρι να σταλάξουν 3 σταγόνες και κάνουμε την ίδια διαδικασία για να βρούμε την ΗΕΔ και στα υπόλοιπα διαλύματα.

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

| $E(\text{Ag}/\text{Ag}^+)$ | $I$ | $I^{1/2}$ |
|----------------------------|-----|-----------|
|                            |     |           |
|                            |     |           |
|                            |     |           |
|                            |     |           |
|                            |     |           |
|                            |     |           |
|                            |     |           |



### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η εξίσ. (6) του θεωρητικού μέρους μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$(2) \quad E_M = E_M^0 + \frac{RT}{nF} 2,303 \log a_+$$

Όπως γνωρίζουμε η ενεργότητα  $a = \gamma C$  άρα η (2) γίνεται:

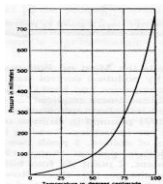
$$(3) \quad E_M = E_M^0 + \frac{RT}{nF} 2,303 \log(\gamma C) = E_M^0 + \frac{RT}{nF} 2,303 \log \gamma + \frac{RT}{nF} 2,303 \log C$$

Αντικαθιστούμε στην (6) τον  $\log \gamma$  από την εξίσωση Debye-Hückel, οπότε η εξίσ. (3) καταλήγει στη μορφή:

$$(4) \quad E_M = E_M^0 + \frac{RT}{nF} 2,303 \left( -A z_+^2 \sqrt{I} / (1 + B \sqrt{I}) \right) + \frac{RT}{nF} 2,303 \log C$$

Άρα για το ημιστοιχείο αργύρου η (9) γίνεται:

$$(5) \quad E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + \frac{RT}{F} 2,303 \left[ A \sqrt{I} / (1 + B \sqrt{I}) + \log C_{\text{Ag}^+} \right]$$



Παριστάνουμε τη γραφική παράσταση της  $E(\text{Ag}/\text{Ag}^+)$  ως προς την  $\sqrt{I}$  και από τα όρια των μικρών  $I$  υπολογίζουμε τα  $E^\circ(\text{Ag}/\text{Ag}^+)$  και την σταθερά  $A$

Από τις μεγαλύτερες τιμές της  $I$  υπολογίζουμε τη σταθερά  $B$ .

\*Τα  $A$  και  $B$  υπολογίζονται σύμφωνα με την εξίσωση (10)



### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Να καταγράψετε στα δικά σας φύλλα τα αποτελέσματα.



### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Να συγκρίνετε με τη βιβλιογραφία. Επίσης να σημειώσετε στα δικά σας φύλλα παρατηρήσεις, σχόλια και συμπεράσματα.



### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

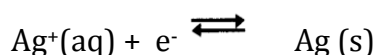
Να απαντήσετε στις ερωτήσεις που δίδονται στο τέλος των σημειώσεων αυτού του πειράματος.



### ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Ένα γαλβανικό στοιχείο αποτελείται αφενός από δύο ημιστοιχεία, που συνήθως καλούνται ηλεκτρόδια, αφετέρου – αλλά όχι πάντοτε – από τον ηλεκτρολυτικό σύνδεσμο που παρεμβάλλεται μεταξύ των διαλυμάτων των δύο ηλεκτροδίων.

Το απλούστερο είδος ηλεκτροδίων είναι αυτό που συνίσταται από ένα απλό σύρμα (ή λεπτή ράβδο) από καθαρό μέταλλο, βυθισμένο κατά το ένα άκρο μέσα στο διάλυμα που περιέχει τα ιόντα αυτού του μετάλλου. Έτσι, αν το μέταλλο είναι ο άργυρος, το διάλυμα θα περιέχει ιόντα  $\text{Ag}^+$  (aq), για παράδειγμα διάλυμα  $\text{AgNO}_3$  ή άλλο άλας αργύρου κατά κανόνα ευδιάλυτο. Το ηλεκτρόδιο αυτό καλείται ηλεκτρόδιο αργύρου και συμβολίζεται  $\text{Ag}|\text{Ag}^+$  ή καλύτερα  $\text{Ag}|m \text{AgNO}_3$ , όπου  $m$  η συγκέντρωση του νιτρικού αργύρου σε mol ανά 1000g  $\text{H}_2\text{O}$  (molality). Στο ημιστοιχείο έχουμε την παρακάτω ισορροπία:



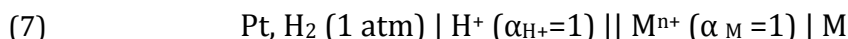
Αλλα παρόμοια ηλεκτρόδια που ονομάζονται **ηλεκτρόδια πρώτου είδους** είναι τα ηλεκτρόδια χαλκού  $\text{Cu}|\text{Cu}^{2+}$ , ψευδαργύρου  $\text{Zn}|\text{Zn}^{2+}$ , καδμίου  $\text{Cd}|\text{Cd}^{2+}$  κ.λπ.

Το δυναμικό των ηλεκτροδίων πρώτου είδους προβλέπεται ότι πρέπει να είναι γραμμική συνάρτηση του λογαρίθμου της ενεργότητας ( $a_+$ ) των ιόντων του μετάλλου στο διάλυμα:

$$(6) \quad E_M = E_M^0 - \frac{RT}{nF} \ln(1/a_+) \quad \text{ή} \quad E_M = E_M^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_+$$

**(εξίσωση Nernst για ημιαντίδραση)**

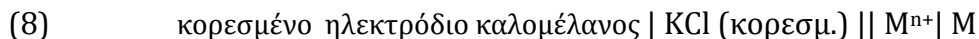
Το δυναμικό  $E_M$  (και  $E_M^0$ ) αναφέρεται ως προς το κανονικό ηλεκτρόδιο υδρογόνου και είναι η η.ε.δ. του ηλεκτροχημικού στοιχείου που αποτελείται από το ηλεκτρόδιο M και από το κανονικό ηλεκτρόδιο υδρογόνου.



Τα ηλεκτρόδια πρώτου είδους που ακολουθούν την εξίσωση του Nernst αρκετά ικανοποιητικά ονομάζονται **αντιστρεπτά** και είναι λίγα, μόνο αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα περισσότερα είναι μη αντιστρεπτά για διάφορους λόγους.

Εάν ο θετικός πόλος του στοιχείου (2) είναι το ηλεκτρόδιο M, τότε  $E_M = \text{η.ε.δ.} > 0$ . Εάν στο στοιχείο (2) το M είναι ο αρνητικός πόλος τότε το δυναμικό του λαμβάνεται ως αρνητικό  $E_M = \text{η.ε.δ.} < 0$  (προφανώς η η.ε.δ. ενός στοιχείου ως μετρούμενο μέγεθος, είναι πάντα θετικό ποσό). Έτσι, από τα αναφερόμενα, θετικά μεν ως προς υδρογόνο είναι ο άργυρος και ο χαλκός, αρνητικά δε ο ψευδάργυρος, το κάδμιο κ.ά.

Για να βρούμε το δυναμικό ενός ηλεκτροδίου M ως προς  $\text{H}_2$ , μετρούμε την η.ε.δ., ( $E_X$ ) του ηλεκτροχημικού στοιχείου (3), την θεωρούμε θετική ή αρνητική αντίστοιχα εάν το ηλεκτρόδιο M είναι ο θετικός ή ο αρνητικός πόλος και προσθέτουμε το δυναμικό του καλομέλανος για την θερμοκρασία  $t^\circ\text{C}$ , στην οποία έγιναν μετρήσεις.



### Ιοντική ισχύς και συντελεστής ενεργότητας ιόντος

Η ιοντική ισχύς  $I$  ενός διαλύματος που περιέχει πολλά ιόντα είναι ένας τρόπος έκφρασης της συνολικής συγκέντρωσής τους, που προέκυψε από τη θεωρία Debye-Hückel των διοντικών έλξεων. Η ιοντική ισχύς  $I$  ορίζεται ως

$$(9) \quad I = 1/2 \sum_i C_i z_i^2$$

όπου  $C_i$  η συγκέντρωση του ιόντος  $i$  σε mol ανά 1000 gr  $\text{H}_2\text{O}$  (molality). Στην περίπτωση μονοσθενούς ηλεκτρολύτη, ( $z_+ = 1$  και  $z_- = 1$ ), η  $I$  ταυτίζεται με τη συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη.

Σε αραιά διαλύματα ο συντελεστής ενεργότητας,  $\gamma_i$ , ενός ιόντος  $i$  εξαρτάται από την ιοντική ισχύ,  $I$ , του διαλύματος κατά τη σχέση

$$(10) \quad \log \gamma_i = -A z_i^2 \sqrt{I} \quad \text{(ΟΡΙΑΚΟΣ ΝΟΜΟΣ DEBYE-HÜCKEL)}$$

όπου  $z_i$  το σθένος του ιόντος και  $A$  σταθερά.

Ο τύπος (5) εκφράζει τον οριακό νόμο Debye-Hückel, ο οποίος ισχύει σε πολύ αραιά διαλύματα. Σε πυκνότερα διαλύματα η σχέση μεταξύ  $\log \gamma$  και  $\sqrt{I}$  δεν είναι πλέον γραμμική και ονομάζεται εξίσωση Debye-Hückel:

(11)  $\log \gamma_i = -A z_i^2 \sqrt{I} / (1 + B \sqrt{I})$  (ΕΞΙΣΩΣΗ DEBYE-HÜCKEL)

---

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:** Η άσκηση αυτή βασίζεται στο βιβλίο *Εργαστηριακή Φυσικοχημεία* (βλ. Βιβλιογραφία). (Η μεταγραφή στη δημοτική έγινε από τον υποψήφιο διδάκτορα Σωτήριο Χατζτάβαλο.)

Η παρούσα δομή διαμορφώθηκε από τον Γ. Τσαπαρλή.

---



#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κ. Ν. Πολυδωρόπουλος, *Εργαστηριακή Φυσικοχημεία*, Β' Έκδοση, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 1987-88: Άσκηση 7δ, σσ. 363-376.

Επίσης μπορείτε να κάνετε αναζήτηση στο Google:

**Nernst equation, Ag-Ag<sup>+</sup> electrode, activity coefficients, Debye-Hückel equation**



#### ΠΕΙΡΑΜΑ ΗΧ4 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Να σχεδιάσεις την πειραματική διάταξη που θα χρησιμοποιήσεις για την άσκηση.
2. Να παραστήσεις συμβολικά το γαλβανικό στοιχείο και να γράφεις την συνολική αντίδραση που γίνεται σ' αυτό.
3. Γιατί όλα τα διαλύματα που θα χρησιμοποιήσεις φροντίζουμε να έχουν την ίδια ιοντική ισχύ ; Ποιος τύπος δίνει την ιοντική ισχύ ; Πώς επιτυγχάνουμε την ίδια ιοντική ισχύ σε όλα τα διαλύματα ;
4. Το  $\text{KNO}_3$  είναι ένας ηλεκτρολύτης αμφότερα τα ιόντα του οποίου έχουν την ίδια σχεδόν ευκινησία. Έχει αυτό σχέση με την χρησιμοποίηση του  $\text{KNO}_3$  σ' αυτή την άσκηση ;
5. Πώς θα υπολογίσεις το κανονικό δυναμικό οξειδοαναγωγής ( $E^\circ$ ) του ζεύγους  $\text{Ag} | \text{Ag}^+$  ;
- 6.\* Να υπολογίσεις την ΗΕΔ ( $\Delta E$ ), στους  $25^\circ\text{C}$ , του γαλβανικού στοιχείου που αποτελείται από ηλεκτρόδιο αργύρου-χλωριούχου αργύρου ( $E^\circ = +0,22\text{V}$ ), συνεζευγμένου μέσω ηλεκτρολυτικής γέφυρας με ένα ημιστοιχείο αποτελούμενο από ένα σύρμα λευκοχρύσου, βυθισμένο σε διάλυμα ιωδίου σε ιωδιούχο κάλιο. Το τελευταίο διάλυμα παρασκευάστηκε με διάλυση  $1 \times 10^{-5}$  mol  $\text{I}_2$  σε 10 mL διαλύματος  $\text{KI}$  0,1 M.  
 $\text{I}_2 + 2\text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$
7. Να γράψετε τον οριακό νόμο Debye-Hückel και την εξίσωση Debye-Hückel και να εξηγήσετε τα διάφορα σύμβολα που υπεισέρχονται σε αυτές 7..
8. Για την ημιαντίδραση  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$  να καταστρώσετε (να γράψετε) την εξίσωση του Nernst και εν συνεχεία να αντικαταστήσετε σε αυτήν τον συντελεστή ενεργότητας του  $\text{Ag}^+$  ( $\gamma_{\text{Ag}^+}$  ή απλώς  $\gamma_+$ ) με βάση την εξίσωση Debye-Hückel.