



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

ΜΑΘΗΜΑ: «ΧΗΜΕΙΑ II»

Β΄ ΕΞΑΜΗΝΟ (ΕΑΡΙΝΟ)

Διδάσκουσα: ΣΟΥΠΙΩΝΗ

ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΧΗΜΕΙΑΣ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



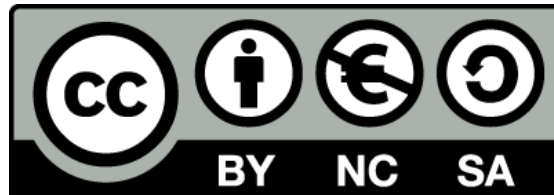
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.
- Αναφορά-Μη-Εμπορική Χρήση-Παρόμοια Διανομή



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



7. ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΕΣ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

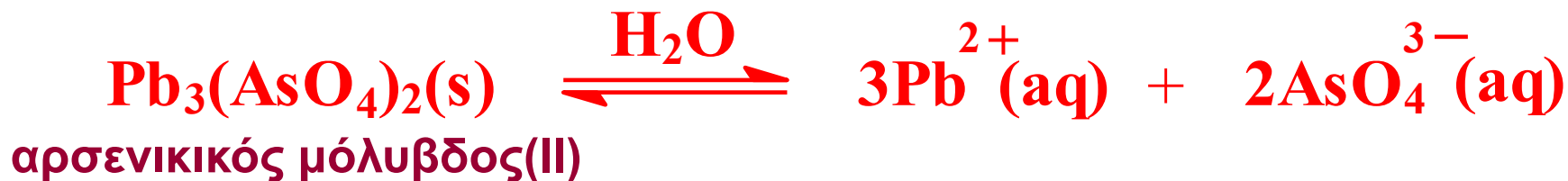
- Η σταθερά γινομένου διαλυτότητας
- Διαλυτότητα και επίδραση κοινού ιόντος
- Υπολογισμοί καθίζησης
- Επίδραση του pH στη διαλυτότητα
- Σχηματισμός συμπλόκων ιόντων
- Σύμπλοκα ιόντα και διαλυτότητα
- Ποιοτική ανάλυση μεταλλικών ιόντων

Η σταθερά γινομένου διαλυτότητας



$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$$

K_{sp} = σταθερά γινομένου διαλυτότητας ή γινόμενο διαλυτότητας είναι η σταθερά της ισορροπίας που αποκαθίσταται μεταξύ της στερεάς ένωσης και των ιόντων της σε κορεσμένο διάλυμα.



$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}]^3[\text{AsO}_4^{3-}]^2$$

Σχέση διαλυτότητας και K_{sp}

Διαλυτότητα (= S): η μάζα μιας ουσίας που διαλύεται σε ορισμένη ποσότητα διαλύτη (π.χ. νερού) και σε δεδομένη θερμοκρασία για να προκύψει ένα κορεσμένο διάλυμα.

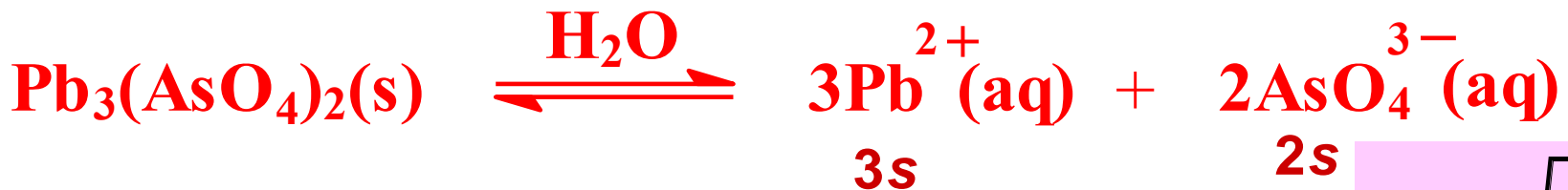
Διαλυτότητα CaC_2O_4 0,0061 g / L διαλύματος (25°C)

Γραμμομοριακή διαλυτότητα CaC_2O_4

$s = 4,8 \times 10^{-5}$ mol / L διαλύματος (25°C)



$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = s \times s = s^2 \Rightarrow s = \sqrt{K_{sp}}$$



$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}]^3[\text{AsO}_4^{3-}]^2 = (3s)^3 \times (2s)^2 = 108s^5 \Rightarrow s = \sqrt[5]{\frac{K_{sp}}{108}}$$

Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαλυτότητα s

① Επίδραση κοινού ιόντος



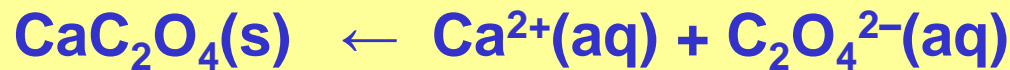
Προσθήκη CaCl_2 ($\rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$)

$\text{Ca}^{2+} =$ κοινό ιόν

ή προσθήκη $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ($\rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)

$\text{C}_2\text{O}_4^{2-} =$ κοινό ιόν

Αρχή Le Chatelier \Rightarrow Ελάττωση της διαλυτότητας του CaC_2O_4

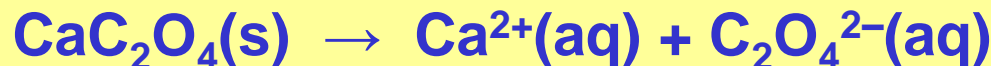


② Επίδραση μη κοινού ιόντος (φαινόμενο άλατος)

Προσθήκη NaCl ($\rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$)

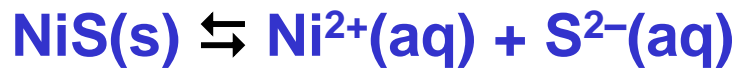
Έλξεις από τα «ξένα» ιόντα, παρεμπόδιση κίνησης ιόντων,
μείωση ταχύτητας απόθεσης

\Rightarrow αύξηση της διαλυτότητας του CaC_2O_4



Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαλυτότητα s

③ Επίδραση υδρολύσεως



⇒ αύξηση της διαλυτότητας

④ Σχηματισμός συμπλόκων

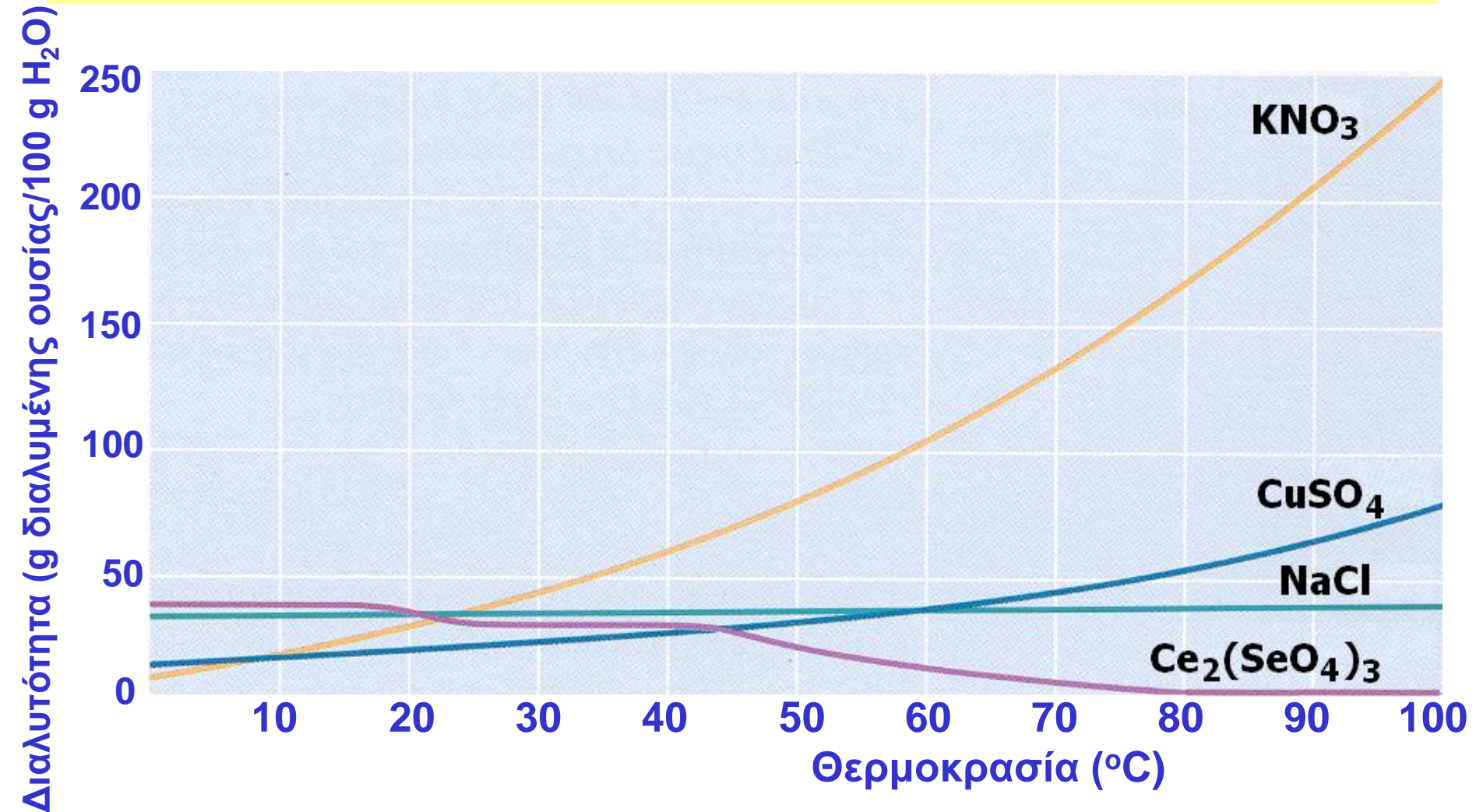


⇒ αύξηση της διαλυτότητας

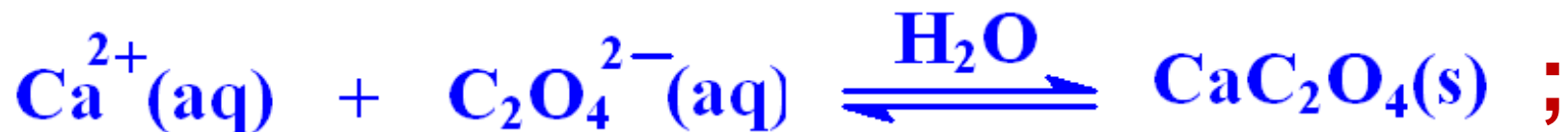
Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαλυτότητα s

⑤ Επίδραση της θερμοκρασίας

⇒ αύξηση της διαλυτότητας (συνήθως)



Το κριτήριο καθιζήσεως



Γινόμενο Ιόντων $Q = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$

(όχι κατ' ανάγκη συγκεντρώσεις ισορροπίας, συνήθως αρχικές συγκεντρώσεις)

1. Αν $Q > K_{sp} \Rightarrow$ διάλυμα υπέρκορο, ισορροπία προς τα αριστερά, σχηματίζεται ίζημα

2. Αν $Q = K_{sp} \Rightarrow$ διάλυμα κορεσμένο (σε ισορροπία), δεν σχηματίζεται ίζημα

3. Αν $Q < K_{sp} \Rightarrow$ διάλυμα ακόρεστο, ισορροπία προς τα δεξιά, δεν σχηματίζεται ίζημα

Άσκηση

Υπολογισμός της σταθεράς γινομένου διαλυτότητας μιας δυσδιάλυτης ιοντικής ένωσης σε νερό και πρόβλεψη αν θα καταπέσει ίζημα

(α) Να υπολογίσετε την K_{sp} του υδροξειδίου του βηρυλλίου αν γνωρίζετε ότι η γραμμομοριακή διαλυτότητα, s , αυτού σε καθαρό νερό είναι $8,6 \times 10^{-7} \text{ mol / L}$ διαλύματος (25°C).

(β) Πόση πρέπει να είναι η συγκέντρωση των ιόντων υδροξειδίου προκειμένου να καταπέσει ίζημα υδροξειδίου του βηρυλλίου από διάλυμα που περιέχει ιόντα βηρυλλίου σε συγκέντρωση $2,1 \times 10^{-10} \text{ M}$:

(α) Η ισορροπία διαλυτότητας της βάσης είναι:



Αρχικές	0	0
Μεταβολές	+s	+2s
Ισορροπία	s	2s

Αντικαθιστούμε στην έκφραση της σταθεράς γινομένου διαλυτότητας και λύνουμε ως προς s :

$$K_{sp} = [\text{Be}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = s(2s)^2 = 4s^3 = 4(8,6 \times 10^{-7})^3 = \underline{2,5 \times 10^{-18}}$$



Άσκηση

(β) Πόση πρέπει να είναι η συγκέντρωση των ιόντων υδροξειδίου προκειμένου να καταπέσει ίζημα υδροξειδίου του βηρυλλίου από διάλυμα που περιέχει ιόντα βηρυλλίου σε συγκέντρωση $2,1 \times 10^{-10} M$:

(β) Αν x είναι η ζητούμενη συγκέντρωση και Q το γινόμενο ιόντων για το υδροξείδιο του βηρυλλίου τότε για να καταπέσει ίζημα πρέπει:

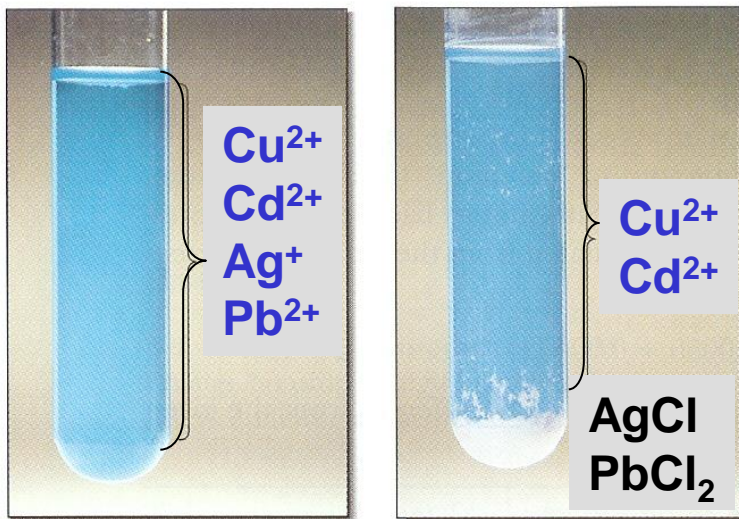
$$Q > K_{sp} \quad \text{ή}$$

$$[Be^{2+}][OH^{-}]^2 > K_{sp} \quad \text{ή}$$

$$(2,1 \times 10^{-10} M) x^2 > 2,5 \times 10^{-18} M \quad \text{ή}$$

$$x > 1,09 \times 10^{-4} M$$

Εφαρμογές του γινομένου διαλυτότητας



(α) Διαχωρισμός ιόντων λόγω διαφοράς διαλυτότητας



ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑΣ (ΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ)

3. Οι ενώσεις των αργύρου (Ag^+), υφυδραργύρου (Hg_2^{2+}), και μολύβδου (Pb^{2+}) είναι δυσδιάλυτες
4. Όλα τα χλωρίδια, βρωμίδια και ιωδίδια (Cl^- , Br^- , I^-) είναι ευδιάλυτα

Εφαρμογές του γινομένου διαλυτότητας

(β) Κλασματική καθίζηση

Είναι η τεχνική διαχωρισμού ενός μόνο ιόντος ή μιας ομάδας ιόντων από ένα μίγμα ιόντων με προσθήκη ενός αντιδραστηρίου, που (σε κατάλληλα pH, θερμοκρασία κ.λπ.) καταβυθίζει πρώτα το ένα ιόν, μετά το άλλο (**εκλεκτική καθίζηση**) κ.ο.κ.

Π.χ.

Αν σε διάλυμα ιόντων Cl^- , Br^- και I^- προστίθεται αργά AgNO_3 , πρώτα καθιζάνει το AgI , μετά το AgBr και τέλος το AgCl .

Διότι:



AgCl



AgBr

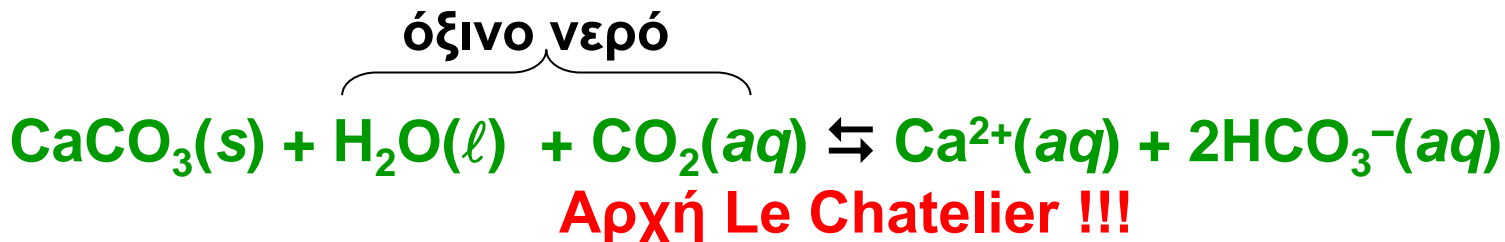


AgI

Σταλακτίτες και σταλαγμίτες

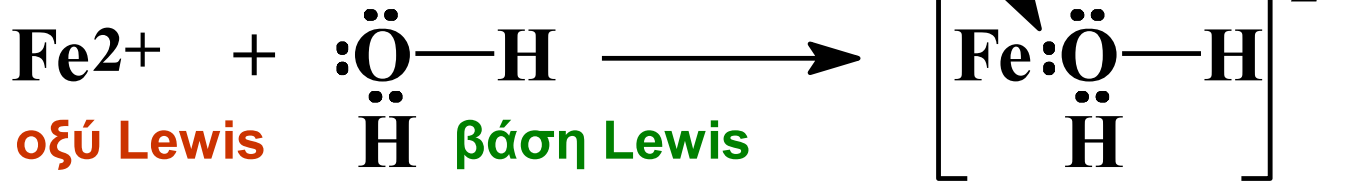
Ένα θαύμα της φύσης

Τα ασβεστολιθικά σπήλαια σχηματίζονται από τη δράση όξινου υπόγειου νερού πάνω σε ασβεστολιθικά πετρώματα. Οι σταλακτίτες και σταλαγμίτες δημιουργούνται μέσα στα σπήλαια από την επανακαθίζηση ανθρακικού ασβεστίου, καθώς το διοξείδιο του άνθρακα του διαλύματος διαφεύγει στον περιβάλλοντα αέρα.

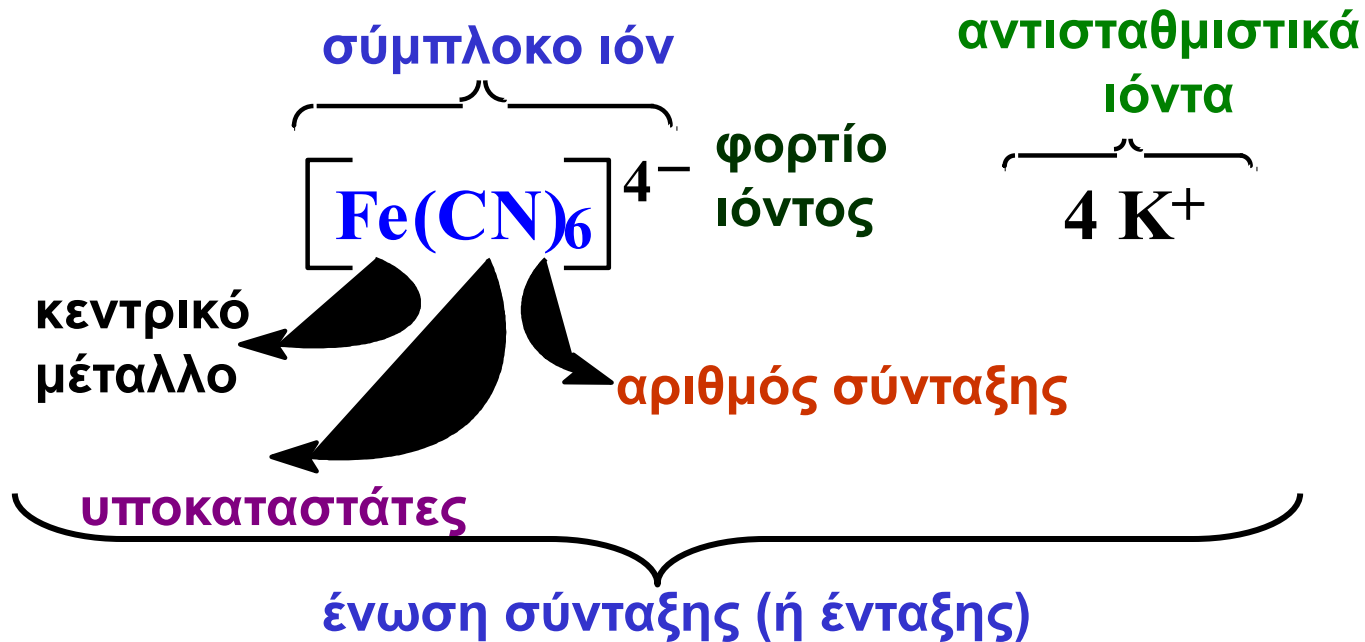


Ισορροπίες που περιλαμβάνουν σύμπλοκα ιόντα

ομοιοπολικός δεσμός
σύνταξης (ή ένταξης)



Ο σχηματισμός
συμπλόκου ως
αντίδραση
οξέος-βάσεως
κατά Lewis



Βασικοί ορισμοί
στο παράδειγμα
του συμπλόκου
ανιόντος
[Fe(CN)₆]⁴⁻

Σχηματισμός συμπλόκων ιόντων



Σταθερά σχηματισμού

ή σταθερά σταθερότητας K_f

του συμπλόκου ιόντος $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$:

$$K_f = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2} = 1,6 \times 10^7$$



Σταθερά διάστασης K_d

(ή σταθερά ασταθείας K_{inst}):

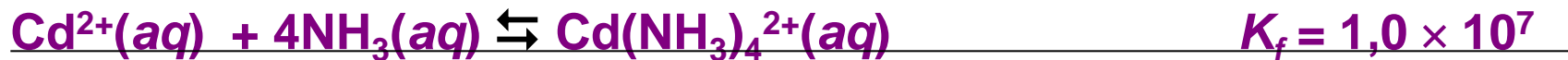
$$K_{inst} = \frac{1}{K_f} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]} = 6,2 \times 10^{-8}$$

Άσκηση

Υπολογισμός της διαλυτότητας μιας δυσδιάλυτης ιοντικής ένωσης σε διάλυμα του συμπλόκου ιόντος

Πόση είναι η γραμμομοριακή διαλυτότητα του CdC_2O_4 σε NH_3 $0,10 \text{ M}$;
Δίνονται: $K_{sp}(\text{CdC}_2\text{O}_4) = 1,5 \times 10^{-8}$ και $K_f[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+}] = 1,0 \times 10^7$

Προσθέτουμε τις ισορροπίες διαλυτότητας και συμπλόκου ιόντος για να έχουμε την αντίδραση διάλυσης του CdC_2O_4 και υπολογίζουμε την K από το γινόμενο των K_{sp} και K_f :



Άσκηση

Καταστρώνουμε τον πίνακα με τις συγκεντρώσεις. Η αρχική συγκέντρωση της NH_3 είναι $0,10 \text{ M}$, ενώ η άγνωστη συγκέντρωση του $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ τίθεται ίση με x .

Συγκεντρ. (M)	$\text{CdC}_2\text{O}_4(\text{s})$	$+ 4\text{NH}_3(\text{aq})$	\rightleftharpoons	$\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+}(\text{aq})$	$+ \text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq})$
Αρχικές		0,10		0	0
Μεταβολές		-4x		+x	+x
Ισορροπία		0,10 - 4x		x	x

Αντικαθιστούμε στην εξίσωση της σταθεράς ισορροπίας K και λύνουμε ως προς x :

$$K_c = \frac{[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}{[\text{NH}_3]^4} = \frac{x^2}{(0,10 - 4x)^4} = 0,15$$

$$\Rightarrow \frac{x}{(0,10 - 4x)^2} = 0,387$$

$$\Rightarrow 16x^2 - 3,38x + 0,010 = 0$$



Άσκηση

$$\Rightarrow x = \frac{3,38 \pm \sqrt{(-3,38)^2 - (4 \times 16 \times 0,010)}}{2 \times 16}$$

Από τις δύο ρίζες, $x = 0,208$ και $x = 3,001 \times 10^{-4} M$, η πρώτη τιμή είναι μεγαλύτερη από το 0,10 και απορρίπτεται.

\Rightarrow γραμμομοριακή διαλυτότητα $\text{CdC}_2\text{O}_4 = 3,0 \times 10^{-4} M$

Αναφορά

- Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις Πανεπιστημιακές παραδόσεις της καθηγήτριας Μαγδαληνής Σουπιώνη
- Οι εικόνες που περιέχονται στην ενότητα προέρχονται από το προσωπικό αρχείο της καθηγήτριας Μαγδαληνής Σουπιώνη

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright, Πανεπιστήμιο Πατρών, Μαγδαληνή
Σουπιώνη. «Χημεία II». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/GEO327/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

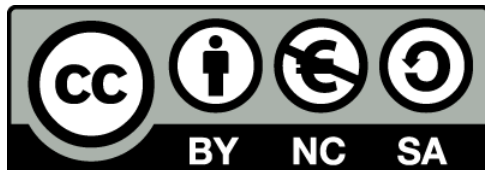
Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



- Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:
- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο
- Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

