

Μεταθετικές αντιδράσεις

Πείραμα 5.8 Ποιοτική ανάλυση ιόντων

Σύντομη περιγραφή του πειράματος

Μεταθετικές αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης οι οποίες οδηγούν σε σχηματισμό ιζήματος. Το ίζημα σε πολλές περιπτώσεις επιτρέπει την ταυτοποίηση ενός αντιδρώντος σώματος ή καλύτερα ενός ιόντος. Συγκεκριμένα περιγράφεται η καταβύθιση και η ανίχνευση των παρακάτω ιόντων:

α) Ανιόντα χλωρίου Cl^- , βρωμίου Br^- , ιωδίου I^-

β) Θεϊκά ανιόντα SO_4^{2-}

γ) Κατιόντα αργιλίου Al^{3+}

δ) Κατιόντα σιδήρου Fe^{3+}

ε) Κατιόντα μολύβδου Pb^{2+}

Διδακτικοί στόχοι του πειράματος

Στο τέλος αυτού του πειράματος θα πρέπει ο μαθητής:

- Να αντιλαμβάνεται τις μεταβολές που παρατηρούνται στα χημικά φαινόμενα Π.χ. αλλαγή στο χρώμα, παραγωγή ιζήματος.
- Να παριστάνει τα συγκεκριμένα χημικά φαινόμενα, τα οποία μελετάει, με χημικές αντιδράσεις.
- Να αναγνωρίζει τις αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης και ιδιαίτερα αυτές που οδηγούν σε σχηματισμό ιζήματος.
- Να γνωρίζει ότι οι αντιδράσεις αυτές γίνονται μέσα σε υδατικά διαλύματα και ότι το ίζημα σε πολλές περιπτώσεις επιτρέπει την ταυτοποίηση ενός αντιδρώντος σώματος ή καλύτερα ενός ιόντος.
- Να αναλύει ποιοτικά ορισμένα ιόντα.
- Να ταξινομεί τις χημικές αντιδράσεις σε κατηγορίες και να αναγνωρίζει από ένα σύνολο αντιδράσεων σε ποια κατηγορία ανήκει η καθεμιά.

Βασικές γνώσεις - Αντιδράσεις



Αναλυτική χημεία είναι ένας απ'τους εφαρμοσμένους κλάδους της Χημείας που ασχολείται με την ανάλυση των χημικών ενώσεων και στοιχείων. Η ανάλυση των χημικών ενώσεων χωρίζεται σε δύο βασικές κατευθύνσεις: την ποιοτική ανάλυση και την ποσοτική ανάλυση.

Ποιοτική ανάλυση: Η ποιοτική ανάλυση εξετάζει την ανίχνευση ή ταυτοποίηση των υπαρχόντων ατόμων ή ιόντων σε μία χημική ένωση ή σε ένα μίγμα χημικών ενώσεων.

Ποσοτική ανάλυση: Η ποσοτική ανάλυση εξετάζει την ποσοτική αναλογία με την οποία βρίσκονται τα άτομα ή τα ιόντα σε μία χημική ένωση ή σε ένα μίγμα ενώσεων. (Δεν θα ασχοληθούμε)

Ένα στοιχείο που συμμετέχει σε διάφορες χημικές ενώσεις, εμφανίζει διαφορετικές ιδιότητες από εκείνες του ελεύθερου στοιχείου. Αυτό κάνει την αναζήτηση των στοιχείων από τα οποία αποτελείται μια ένωση, μια δύσκολη υπόθεση. Για εκείνες τις ενώσεις που όταν διαλύονται στο νερό χωρίζονται σε ιόντα, δηλαδή τους ηλεκτρολύτες, ο κλασικός τρόπος ταυτοποίησης των ιόντων είναι κυρίως οι μεταθετικές αντιδράσεις. Από αυτές επιλέγουμε εκείνες που οδηγούν σε ιζήματα με χαρακτηριστικές ιδιότητες, όπως το χρώμα του ιζήματος και η διαλυτότητά τους, όχι όμως στο νερό αλλά σε οξέα ή βάσεις ή και άλλους διαλύτες. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι οι αντιδράσεις που χρησιμοποιούνται είναι χαρακτηριστικές των ιόντων και όχι των ενώσεων που τα περιέχουν.

Για παράδειγμα, λέμε ότι ανιχνεύτηκαν ή ταυτοποιήθηκαν κατιόντα νατρίου και ανιόντα χλωρίου και όχι χλωριούχο νάτριο σαν ένωση.

Η ένωση της οποίας το διάλυμα χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό ενός ιόντος ονομάζεται **αντιδραστήριο**. Για παράδειγμα αν σε τρία διαλύματα που περιέχουν αντίστοιχα NaCl, CaCl₂ και HCl προσθέσουμε σταγόνες Pb(NO₃)₂ (αντιδραστήριο) τότε η αντίδραση είναι: $Pb^{++} + Cl^{-} \rightarrow PbCl_2 \downarrow$ (Λευκό ίζημα) και όχι η αντίδραση: $Pb(NO_3)_2 + 2NaCl \rightarrow PbCl_2 \downarrow + 2NaNO_3$ (για το πρώτο)

Επίσης πρέπει να τονίσουμε ότι χλωριούχα ιζήματα υπάρχουν και άλλα όπως: AgCl, Hg₂Cl₂ που όμως έχουν διαφορές στη διαλυτότητα και στην έκθεση στο ηλιακό φως, για αυτό και η παραπάνω αντίδραση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση των Pb⁺⁺.

Ανίχνευση Cl⁻, Br⁻, I⁻: Τα ιόντα αλογόνων μπορούν να ανιχνευτούν με προσθήκη κατιόντων Ag⁺ (χρήση διαλύματος AgNO₃).

$Ag^{+} + Cl^{-} \rightarrow AgCl \downarrow$ (Λευκό ίζημα αδιάλυτο σε οξέα αλλά διαλυτό σε αραιό διάλυμα NH₃).

$Ag^{+} + Br^{-} \rightarrow AgBr \downarrow$ (Λευκοκίτρινο ίζημα διαλυτό σε πυκνό διάλυμα NH₃).

$Ag^{+} + I^{-} \rightarrow AgI \downarrow$ (Κίτρινο ίζημα αδιάλυτο σε πυκνό διάλυμα NH₃).

Ανίχνευση SO_4^{2-} : Τα θειικά ιόντα μπορούν να ανιχνευτούν με προσθήκη κατιόντων Ba^{2+} (χρήση διαλύματος $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$).

$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$ (Λευκό ίζημα διαλυτό σε διάλυμα HCl και αδιάλυτο σε διάλυμα NH_3).

Ανίχνευση Al^{3+} : Τα κατιόντα αργιλίου μπορούν να ανιχνευτούν με προσθήκη ανιόντων OH^- (χρήση διαλύματος NaOH).

$\text{Al}^{3+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ (Λευκό ίζημα που διαλύεται τόσο σε διάλυμα HCl όσο και σε διάλυμα NaOH).

Ανίχνευση Fe^{3+} : Τα κατιόντα σιδήρου μπορούν να ανιχνευτούν με προσθήκη ανιόντων OH^- (χρήση διαλύματος NaOH).

$\text{Fe}^{3+} + \text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ (σκούρο καφέ ίζημα που διαλύεται σε διάλυμα HCl).

Ανίχνευση Pb^{2+} : Τα κατιόντα μολύβδου μπορούν να ανιχνευτούν με προσθήκη ανιόντων CrO_4^{2-} (χρήση διαλύματος K_2CrO_4).

$\text{Pb}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbCrO}_4 \downarrow$ (Έντονα κίτρινο ίζημα που διαλύεται σε αλκάλια και σε διάλυμα HNO_3 αλλά δεν διαλύεται σε διάλυμα NH_3 και CH_3COOH).

Απαιτούμενα Σκεύη - Όργανα - Αντιδραστήρια



Σκεύη - Όργανα	Αντιδραστήρια
12 μεγάλοι δοκιμαστικοί σωλήνες με στατώ	Διάλυμα NaCl , NaBr , NaI , AgNO_3 , NH_3 αραιό και πυκνό
Πλαστική πιπέτα, σπάτουλα	Διάλυμα, Na_2SO_4 , H_2SO_4 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, NH_3 , HCl 0,01M
Σιφόνιο των 5 mL	Διάλυμα AlCl_3 , NaOH 1M, NH_3 , HCl 0,01M
	Διάλυμα FeCl_3 , NaOH 1M, HCl 0,01M
	Διάλυμα K_2CrO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
	Όλα τα διαλύματα των αλάτων παρασκευάζονται με διάλυση μικρής ποσότητας στερεού (στην άκρη της σπάτουλας) σε 10 mL νερού.

Συστάσεις ασφαλείας

Χλωριούχο νάτριο NaCl: (CAS No: 7647-14-5). Είναι στερεό, λευκό, άοσμο. Το χλωριούχο νάτριο δε θεωρείται επικίνδυνο υλικό.

Βρωμιούχο νάτριο NaBr: (CAS No: 7647-15-6). Είναι κρυσταλλικό, άχρωμο, άοσμο. Δε θεωρείται επικίνδυνο προϊόν.

Ιωδιούχο νάτριο NaI: (CAS No: 7681-82-5). Σκόνη, άχρωμη, άοσμη. Δε θεωρείται επικίνδυνο προϊόν.

Νιτρικός άργυρος AgNO₃: (CAS No: 7761-88-8). Κρυσταλλικό, άχρωμο, άοσμο. Προκαλεί εγκαύματα. Πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς, μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.

Αμμωνία NH₃: (CAS No: 1336-21-6). Αντιδραστήριο υγρό, άχρωμο με διαπεραστική οσμή. Προκαλεί εγκαύματα. Πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Θεικό νάτριο Na₂SO₄: (CAS No: 7757-82-6). Στερεό, λευκό, άοσμο. Δε θεωρείται επικίνδυνο προϊόν.

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.

Νιτρικό βάριο Ba(NO₃)₂: (CAS No: 10022-31-8). Στερεό, λευκό, άοσμο. Επιβλαβές όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης.

Υδροχλωρικό οξύ HCl: (CAS No. 7647-01-0). Υγρό άχρωμο με διαπεραστική οσμή. Προκαλεί εγκαύματα και ερεθίζει το αναπνευστικό σύστημα.

Χλωριούχο αργίλιο AlCl₃: (CAS No: 7446-70-0). Σκόνη κίτρινη με διαπεραστική οσμή. Προκαλεί εγκαύματα.

Υδροξείδιο του νατρίου NaOH(s): (CAS No: 1310-73-2). Στερεό άχρωμο, άοσμο. Προκαλεί σοβαρά εγκαύματα.

Χρωμικό κάλιο K_2CrO_4 : (CAS No: 7789-00-6). Στερεό, κίτρινο άοσμο. Μπορεί να προκαλέσει καρκίνο όταν εισπνέεται. Μπορεί να προκαλέσει κληρονομικές γενετικές βλάβες. Ερεθίζει τα μάτια, το αναπνευστικό σύστημα και το δέρμα. Πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς. Μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.

Νιτρικός μόλυβδος $Pb(NO_3)_2$: (CAS No: 10099-74-8). Στερεό, άχρωμο, άοσμο. Μπορεί να βλάψει το έμβρυο κατά τη διάρκεια της κύησης. Επιβλαβές όταν εισπνέεται και σε περίπτωση κατάποσης. Κίνδυνος αθροιστικών επιδράσεων. Πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς. Μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες δυσμενείς επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον. Πιθανός κίνδυνος για εξασθένηση της γονιμότητας.

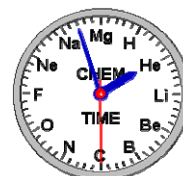
Τριχλωριούχος σίδηρος $FeCl_3$: (CAS No: 7705-08-0). Σκόνη χρώματος σκούρου γκρι, με ελαφρώς διαπεραστική οσμή. Επιβλαβές σε περίπτωση κατάποσης. Ερεθίζει το δέρμα. Κίνδυνος σοβαρών οφθαλμικών βλαβών.

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

Ιδιότητες

Χημική ένωση-στοιχεία	M_r	Σ.τ.(°C)	Σ.ζ.(°C)	Ποκνότητα (g/mL)
NaCl (Χλωριούχο νάτριο)	58,5	801	1461	2,17
NaBr (Βρωμιούχο νάτριο)	102,90	755	1393	3,20
NaI (Ιωδιούχο νάτριο)	149,89	662	1304	3,67
AgNO ₃ (Νιτρικός άργυρος)	169,87	212	444	4,35
NH ₃ (Αμμωνία)	14	-57,5	37,7	0,91
Na ₂ SO ₄ (Θεικό νάτριο)	142,04	888	-	2,70
H ₂ SO ₄ (Θεικό οξύ)	98,08	3	335	1,84
Ba(NO ₃) ₂ (Νιτρικό βάριο)	261,35	592	-	3,2
HCl (Υδροχλωρικό οξύ)	36,5	-	-	1,19
AlCl ₃ (Χλωριούχο αργίλιο)	133,34	180-181	-	1,31
NaOH (Υδροξείδιο του νατρίου)	40	323	1390	2,13
K ₂ CrO ₄ (Χρωμικό κάλιο)	194,20	985	1000	2,73
Pb(NO ₃) ₂ (Νιτρικός μόλυβδος)	331,21	470	-	4,53
FeCl ₃ (Τριχλωριούχος σίδηρος)	162,21	306	-	2,9

Απαιτούμενος χρόνος για το πείραμα : 45 Λεπτά



Πειραματική διαδικασία



Ανίχνευση Cl⁻, Br⁻, I⁻

- 🧑 Σε τρεις μεγάλους δοκιμαστικούς σωλήνες εισάγουμε 5 mL από τα διαλύματα NaCl, NaBr, NaI αντίστοιχα. Σε καθέναν απ' αυτούς, προσθέτουμε 3-4 σταγόνες διαλύματος AgNO₃. Παρατηρούμε το σχηματισμό των ακολούθων αντίστοιχα ιζημάτων: λευκό, υποκίτρινο, κίτρινο.
- 🧑 Στον πρώτο σωλήνα προσθέτουμε 1 mL αραιού διαλύματος αμμωνίας 1M και παρατηρούμε ότι το ίζημα διαλύεται.
- 🧑 Στο δεύτερο σωλήνα προσθέτουμε 1 mL πυκνού διαλύματος αμμωνίας 6M και παρατηρούμε ότι το ίζημα διαλύεται.
- 🧑 Στον τρίτο σωλήνα προσθέτουμε 1 mL πυκνού διαλύματος αμμωνίας 6M και παρατηρούμε ότι το ίζημα δε διαλύεται.

Ανίχνευση SO₄²⁻

- 🧑 Σε δύο μεγάλους δοκιμαστικούς σωλήνες προσθέτουμε από 5 mL διαλύματος Na₂SO₄ και H₂SO₄ αντίστοιχα. Στη συνέχεια προσθέτουμε σε κάθε σωλήνα 3-4 σταγόνες διαλύματος Ba(NO₃)₂. Παρατηρούμε το σχηματισμό λευκού ιζήματος BaSO₄.



Ανίχνευση Al^{3+}

- 🧪 Σε τρεις μεγάλους δοκιμαστικούς σωλήνες προσθέτουμε από 5 mL του διαλύματος του $AlCl_3$. Στη συνέχεια προσθέτουμε 3-4 σταγόνες διαλύματος $NaOH$ 1M στον καθένα. Παρατηρούμε ότι σχηματίζεται λευκό ίζημα και στους τρεις σωλήνες.
- 🧪 Στον πρώτο σωλήνα προσθέτουμε περίσσεια $NaOH$ 1M. Παρατηρούμε ότι το ίζημα διαλύεται. Στο δεύτερο σωλήνα προσθέτουμε 3-4 σταγόνες από το διάλυμα του HCl 0,01M. Παρατηρούμε επίσης διάλυση του ιζήματος. Στον τρίτο σωλήνα προσθέτουμε 3-4 σταγόνες διαλύματος NH_3 1M. Παρατηρούμε ότι το ίζημα δε διαλύεται.


Ανίχνευση Fe^{3+}

- 🧪 Σε δύο μεγάλους δοκιμαστικούς σωλήνες προσθέτουμε από 5 mL διαλύματος $FeCl_3$. Στη συνέχεια προσθέτουμε στον καθένα 3-4 σταγόνες διαλύματος $NaOH$ 1M. Παρατηρούμε ότι σχηματίζεται καστανόχρωμο ζελατινώδες ίζημα και στους δύο.
- 🧪 Στον πρώτο σωλήνα προσθέτουμε περίσσεια $NaOH$ 1M. Παρατηρούμε ότι το ίζημα δε διαλύεται. Στο δεύτερο σωλήνα προσθέτουμε 3-4 σταγόνες από το διάλυμα του HCl 0,01M. Παρατηρούμε διάλυση του ιζήματος.

Ανίχνευση Pb^{2+}

- 🧪 Σε τρεις μεγάλους δοκιμαστικούς σωλήνες προσθέτουμε από 5 mL του διαλύματος του $Pb(NO_3)_2$. Στη συνέχεια προσθέτουμε 3-4 σταγόνες διαλύματος K_2CrO_4 στον καθένα. Παρατηρούμε ότι σχηματίζεται έντονο κίτρινο ίζημα και στους τρεις σωλήνες.



 Στον πρώτο σωλήνα προσθέτουμε NaOH 1M. Παρατηρούμε ότι το ίζημα διαλύεται. Στο δεύτερο σωλήνα προσθέτουμε 3-4 σταγόνες από το διάλυμα του HNO₃ 0,01M. Παρατηρούμε επίσης διάλυση του ιζήματος. Στον τρίτο σωλήνα προσθέτουμε 3-4 σταγόνες διαλύματος NH₃ 1M. Παρατηρούμε ότι το ίζημα δε διαλύεται.