

ΧΗΜΕΙΑ

Κανονική εξέταση χειμερινού εξαμήνου ακαδημαϊκού έτους 2024-25

Εξάμηνο 1^ο

Διδάσκοντες: Καθ. Δημήτριος Πάνιας, Υ.Δ. Μιχαήλ Βαφείας

Ομάδα Θεμάτων Β

Θέματα για όλους τους φοιτητές.

Θέμα 1^ο

Ποια τροχιακά αντιστοιχούν στους παρακάτω συνδυασμούς κβαντικών αριθμών (1 μονάδα); Αιτιολογήστε την απάντησή σας (1 μονάδα).

	n	l	m_l
(i)	4	1	0
(ii)	3	2	0
(iii)	2	0	0

Λύση

- (i) Το ζητούμενο τροχιακό είναι το $4p$

Η τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού **n** καθορίζει την ενέργεια/το ενεργειακό επίπεδο του τροχιακού. Στο συμβολισμό του τροχιακού ταυτίζεται με τον αριθμό του.

Η τιμή του κβαντικού αριθμού της στροφορμής **l**, σχετίζεται με τον κύριο κβαντικό αριθμό και λαμβάνει πλήθος τιμών από **0** έως **n-1**, δηλαδή $l=0, 1, 2, \dots, n-1$. Σε κάθε τιμή του αντιστοιχεί και ένα γράμμα/σύμβολο, και πιο συγκεκριμένα:

l	0	1	2	3
Σύμβολο	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>f</i>

Συνεπώς, για $l=1$, το τροχιακό συμβολίζεται με το γράμμα *p* να ακολουθεί την τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού.

Ο συνδυασμός των δύο πρώτων κβαντικών αριθμών υποδηλώνει ότι το ζητούμενο τροχιακό είναι το **$4p$** .

Η τιμή του μαγνητικού κβαντικού αριθμού **m_l** συνδέεται με την τιμή του **l** και, πιο συγκεκριμένα μπορεί να πάρει τιμές από $-l, (-l+1) \dots 0 (l-1) \dots +l$. Η τιμή $-l$ μπορεί να αντιστοιχεί σε οποιοδήποτε από τα ισοδύναμης ενέργειας $4p$ τροχιακά, $4p_x, 4p_y$ ή $4p_z$

- (ii) Με παρόμοια συλλογιστική όπως και στο υποερώτημα (i), το ζητούμενο τροχιακό είναι το $3d$.

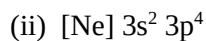
- (iii) Με παρόμοια συλλογιστική όπως και στο υποερώτημα (i), το ζητούμενο τροχιακό είναι το $2s$.

Σχόλια για τη βαθμολόγηση: Η ζητούμενη άσκηση έχει ως στόχο να εξετάσει την ικανότητα σας να ερμηνεύεται το συμβολισμό ενός τροχιακού και τις αριθμητικές συσχετίσεις μεταξύ των κβαντικών αριθμών. Η εύρεση των τροχιακών σας δίνει 1 μονάδα. Πλήρης αιτιολόγηση θεωρείται όταν έχετε αναφέρει (i) το ρόλο κάθε κβαντικού αριθμού και τις τιμές που λαμβάνει, με έμφαση στις υπογραμμισμένες προτάσεις και (ii) τον πίνακα συσχέτισης κβαντικού αριθμού **l** – συμβόλων. Αυτές οι δύο πληροφορίες ερμηνεύουν με ποιο στοιχείο του συμβολισμού ταυτίζεται κάθε κβαντικός αριθμός. Απουσία μιας εξ αυτών ή και των δύο, επιφέρει αφαίρεση βαθμολογίας.

Θέμα 2^ο

(α) Χρησιμοποιώντας μόνο τον περιοδικό πίνακα που δίνεται στη σελίδα 3, βρείτε ποια στοιχεία έχουν την παρακάτω ηλεκτρονιακή δομή (1 μονάδα).

- (i) $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10}$



(β) Ποιο από τα παραπάνω στοιχεία αναμένετε να έχει τη μεγαλύτερη ιοντική ακτίνα; Αιτιολογήστε την απάντησή σας ξανά με βάση τη θέση τους στον Περιοδικό Πίνακα στη σελίδα 3 (1 μονάδα).

Λύση

(α) Στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων που δίνεται, υπάρχουν ως μοναδικές πληροφορίες οι περίοδοι και οι ομάδες του πίνακα. Αυτές οι πληροφορίες αρκούν για να εντοπίσουμε τη θέση κάθε στοιχείου στον πίνακα γνωρίζοντας μόνο την ηλεκτρονιακή του δομή. Πιο συγκεκριμένα:

- Η τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού n , η οποία, στα στοιχεία που δίνονται, ταυτίζεται με την αριθμητική τιμή της στοιβάδας σθένους, δίνει την τιμή της περιόδου στην οποία αναμένουμε να βρούμε το στοιχείο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, για λόγους ελαχιστοποίησης της συνολικής ενέργειας του ατόμου, οι υποστοιβάδες 4s και 5s συμπληρώνονται πριν τη συμπλήρωση των υποστοιβάδων 3d και 4d αντίστοιχα. Συνεπώς, τα στοιχεία της 4^{ης} και 5^{ης} περιόδου ακολουθούν τη σειρά συμπλήρωσης: 4s → 3d → 4p και 5s → 4d → 5p αντίστοιχα. Ο αριθμός της περιόδου σε αυτές τις περιπτώσεις ταυτίζεται με τη τιμή του μεγαλύτερου κύριου κβαντικού αριθμού.

Εναλλακτικά, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την πληροφορία ότι η περίοδος που αναζητούμε είναι αμέσως επόμενη από το Ευγενές Αέριο που δίνεται στο συμβολισμό του στοιχείου, καθώς τα τροχιακά μέχρις σε αυτή τη δομή είναι πλήρως συμπληρωμένα με ηλεκτρόνια.

- Στη συνέχεια, είναι εύκολο να εντοπίσουμε ποιο στοιχείο από τη συγκεκριμένη περίοδο είναι το ζητούμενο. Με τη προϋπόθεση ότι το στοιχείο βρίσκεται ανάμεσα στην 2^η και την 5^η περίοδο, αν αναφέρουμε ότι κινούμαστε από αριστερά προς τα δεξιά στην περίοδο, μια θέση ανά ηλεκτρόνιο της στοιβάδας σθένους, είμαστε σωστοί στον εντοπισμό του στοιχείου.

Με βάση αυτό το συλλογισμό, έχουμε για τα ζητούμενα στοιχεία:

- (i) $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10}$: Το στοιχείο ανήκει στην 4^η περίοδο του περιοδικού πίνακα και είναι το 12^ο στοιχείο της περιόδου (2+10=12 ηλεκτρόνια σθένους – 12^η Ομάδα). Είναι ο **ψευδάργυρος, Zn**.

Εναλλακτικά, μπορεί να ειπωθεί ότι ανήκει στην 4^η περίοδο του πίνακα γιατί είναι η αμέσως επόμενη μετά το τελευταίο στοιχείο της 3^{ης} περιόδου, που είναι το [Ar].

- (ii) $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$: Το στοιχείο ανήκει στην 3^η περίοδο του περιοδικού πίνακα και είναι το 6^ο στοιχείο της περιόδου (2+4=6 ηλεκτρόνια σθένους – 16^η Ομάδα). Είναι το **θείο, S**.

Εναλλακτικά, μπορεί να ειπωθεί ότι ανήκει στην 3^η περίοδο του πίνακα γιατί είναι η αμέσως επόμενη μετά το τελευταίο στοιχείο της 2^{ης} περιόδου, που είναι το [Ne].

- (iii) $[\text{Kr}] 5s^2$: Το στοιχείο ανήκει στην 5^η περίοδο του περιοδικού πίνακα και είναι το 2^ο στοιχείο της περιόδου (2 ηλεκτρόνια σθένους – 2^η Ομάδα). Είναι το **στρόντιο, Sr**.

Εναλλακτικά, μπορεί να ειπωθεί ότι ανήκει στην 5^η περίοδο του πίνακα γιατί είναι η αμέσως επόμενη μετά το τελευταίο στοιχείο της 4^{ης} περιόδου, που είναι το [Kr].

Σχόλια για τη βαθμολόγηση: Η ζητούμενη άσκηση έχει ως στόχο να εξετάσει την ικανότητα σας να κινείστε με τη βοήθεια της ηλεκτρονιακής δομής και των στοιβάδων σθένους στον περιοδικό πίνακα. Επειδή ο Πίνακας ΔΕΝ διαθέτει στοιχεία ατομικών και μαζικών αριθμών, παρά μόνο περιόδους και ομάδες, η δικαιολόγηση με απαρίθμηση ατομικού αριθμού δεν μπορεί να θεωρηθεί έγκυρη. Η εύρεση των στοιχείων, ανεξαρτήτως δικαιολόγησης παίρνει τη μισή μονάδα. Η σωστή δικαιολόγηση, όπως παραπάνω, δίνει την άλλη μισή μονάδα.

(β) Η ακτίνα των κατιόντων είναι μικρότερη από την ατομική ακτίνα των στοιχείων από τα οποία προέρχονται γιατί αποβάλλουν e^- από τη στοιβάδα σθένους τους. Η αποβολή αυτή συνεπάγεται ότι τα εναπομείναντα e^- έλκονται ακόμη

πιο ισχυρά από το φορτίο του πυρήνα. Αντίθετα, η ακτίνα των ανιόντων είναι μεγαλύτερη από την ατομική ακτίνα των στοιχείων από τα οποία προέρχονται γιατί προσλαμβάνουν επιπλέον e^- στη στοιβάδα σθένους τους. Την ίδια στιγμή, τα επιπλέον αυτά ηλεκτρόνια δέχονται έντονα την άπωση από τα νέφος e^- που ήδη υπάρχει γύρω από τον πυρήνα, γεγονός που αυξάνει περαιτέρω την ιοντική τους ακτίνα. Από τα στοιχεία που δίνονται στο (α) μόνο το θείο σχηματίζει ανιόν, ως μη μεταλλικό στοιχείο, και τα άλλα δύο σχηματίζουν κατιόντα. Για αυτόν τον λόγο αναμένουμε να έχει τη μεγαλύτερη ιοντική ακτίνα.

Σχόλια για τη βαθμολόγηση: Η ζητούμενη άσκηση έχει ως στόχο να εξετάσει την κατανόηση της διαφοράς μεταξύ ατομικής και ιοντικής ακτίνας για ένα στοιχείο και την ικανότητα σας να αξιολογείται το ρόλο των ελκτικών δυνάμεων του πυρήνα και των απωστικών δυνάμεων του νέφους ηλεκτρονίων κατά την αποβολή και πρόσληψη ηλεκτρονίων για το σχηματισμό ιόντων. Σωστή επιλογή του στοιχείου δίνει τη μισή μονάδα. Η αιτιολόγηση που αναφέρεται παραπάνω δίνει την άλλη μισή μονάδα.

Θέμα 3^ο

Με τη βοήθεια του πίνακα τιμών ηλεκτραρνητικότητας που δίνεται στη σελίδα 4:

- (α) Σε ποιο μόριο οι δεσμοί έχουν μεγαλύτερο ομοιοπολικό χαρακτήρα, στο P_4O_{10} ή στο PCl_3 ; (1 μονάδα)
- (β) Το CaS ή το CaO αναμένετε να είναι πιο διαλυτό στο νερό και γιατί; (1 μονάδα).

Λύση

(α) Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά ηλεκτραρνητικότητας δύο ατόμων, τόσο περισσότερο ιοντικού χαρακτήρα είναι ο χημικός δεσμός μεταξύ τους. Άρα, το αντίστροφο θα ισχύει για την εκτίμηση του ομοιοπολικού χαρακτήρα. Συνεπώς, υπολογίζοντας τη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας στο δεσμό P και O και την αντίστοιχη διαφορά στο δεσμό P και Cl, μπορούμε απ' ευθείας να εκτιμήσουμε το μόριο που ο ομοιοπολικός χαρακτήρας υπερσχύει.

Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας O – Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας P = $3.5 - 2.2 = 1.3$

Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας Cl – Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας P = $3.0 - 2.2 = 0.8$

Συνεπώς, μεγαλύτερο ομοιοπολικό χαρακτήρα έχουν οι δεσμοί P-Cl στο μόριο του PCl_3 .

(β) Το μόριο του νερού είναι ισχυρά πολικό εξαιτίας της ύπαρξης δύο ασύζευκτων ζευγών ηλεκτρονίων (δίπολο μόριο). Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας, το νερό ως διαλύτης διαλύει ενώσεις που έχουν ιοντικό χαρακτήρα. Όπως και στο (α) αν υπολογίσουμε τη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας στο δεσμό Ca και S και την αντίστοιχη διαφορά στο δεσμό Ca και O, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι αυτό με τον πιο ιοντικό χαρακτήρα θα αναμένουμε να είναι πιο διαλυτό στο νερό.

Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας S – Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας Ca = $2.5 - 1.0 = 1.5$

Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας O – Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας Ca = $3.5 - 1.0 = 2.5$

Συνεπώς, πιο διαλυτό στο νερό αναμένεται να είναι το CaO εξαιτίας του μεγαλύτερου ιοντικού χαρακτήρα που έχει ο δεσμός Ca-O.

Σχόλια για τη βαθμολόγηση: Η ζητούμενη άσκηση έχει ως στόχο να εξετάσει την κατανόηση σας στο ζήτημα του ιοντικού και ομοιοπολικού χαρακτήρα δεσμού σε ένα μόριο και τις συνέπειες που έχει αυτό για τη διαλυτότητα του σε συγκεκριμένους διαλύτες (πολικούς ή μη πολικούς).

- Στο ερώτημα (α) πλήρης αιτιολόγηση θεωρείται ο ακριβής υπολογισμός της διαφοράς ηλεκτραρνητικότητας με βάση τις τιμές του πίνακα, σε συνδυασμό με την σχέση μεταξύ ηλεκτραρνητικότητας και ιοντικού/ομοιοπολικού χαρακτήρα. Η σωστή επιλογή παίρνει τη μισή μονάδα και η αιτιολόγηση όπως περιγράφεται παραπάνω την άλλη μισή.
- Στο ερώτημα (β) πλήρης αιτιολόγηση θεωρείται ξανά ο ακριβής υπολογισμός της διαφοράς ηλεκτραρνητικότητας με βάση τις τιμές του πίνακα και η αναφορά στο νερό ως πολικό μόριο που μπορεί να δράσει ως διαλύτης για ιόντα ή ενώσεις ιοντικού χαρακτήρα. Μισή μονάδα δίνεται για την σωστή επιλογή

της ένωσης και μισή μονάδα για την πλήρη αιτιολόγηση. Αιτιολογήσεις που δεν λαμβάνουν υπόψη τον πίνακα τιμών ηλεκτραρνητικότητας δε θεωρούνται αποδεκτές ακόμη και αν είναι θεωρητικά σωστές. Αιτιολογήσεις που δεν αναφέρονται στις ιδιότητες του νερού που σημειώθηκαν πιο πάνω δεν θεωρούνται πλήρης.

Θέμα 4^ο

(α) Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Πίνακα τοποθετήστε σε σειρά τις ακόλουθες βάσεις, από την πιο ισχυρή στην πιο ασθενή και αιτιολογήστε την απάντησή σας. (0.5 μονάδες).

Βάση	pK _b
CN ⁻	4.69
CH ₃ NH ₂	3.44
CO ₃ ²⁻	3.75

(β) Ποια είναι τα συζυγή τους οξέα όταν διαλύονται στο H₂O και ποια είναι η τιμή pK_a τους; (1 μονάδα)

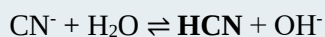
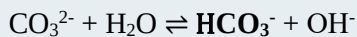
(γ) Τοποθετήστε τα συζυγή οξέα αντίστοιχα σε σειρά από το πιο ισχυρό στο πιο ασθενές. (0.5 μονάδες)

Λύση

(α) Το pK_b είναι ο αρνητικός φυσικός λογάριθμός της σταθεράς ισορροπίας της αντίδρασης ιονισμού μιας ασθενούς βάσης (K_b). Αφού η ισχύς μιας βάσης αυξάνει με αύξηση της K_b, έπεται από το μαθηματικό ορισμό του pK_b ότι οι πιο ισχυρές βάσεις έχουν την μικρότερη τιμή pK_b. Συνεπώς η σειρά ισχύος είναι:



(β) Το συζυγές οξύ μιας βάσης προκύπτει με προσθήκη ενός ιόντος H⁺ στο χημικό τύπο της βάσης. Δότης των H⁺ είναι το μόριο H₂O. Οι αντιδράσεις οξέος – βάσεως για τις παραπάνω βάσεις είναι κατά σειρά δραστηρότητας:

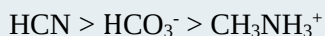


Τα συζυγή οξέα είναι συνεπώς: CH₃NH₃⁺, HCO₃⁻ και HCN.

Για κάθε ζευγάρι συζυγούς οξέος – συζυγούς βάσης ισχύει η σχέση pK_a + pK_b = pK_w. Με κατάλληλη αναδιάταξη είναι προφανές ότι θα ισχύει: pK_a = pK_w – pK_b. Θεωρώντας κανονικές συνθήκες (από τη στιγμή που δεν δίνεται καμία άλλη πληροφορία), η τιμή του pK_w = 14 και συνεπώς οι τιμές pK_a των ανωτέρων συζυγών βάσεων είναι:

Οξύ	pK _a
CH ₃ NH ₃ ⁺	10.56
HCO ₃ ⁻	10.25
HCN	9.31

(γ) Το pK_a είναι ο αρνητικός φυσικός λογάριθμός της σταθεράς ισορροπίας της αντίδρασης ιονισμού ενός ασθενούς οξέος (K_a). Αφού η ισχύς ενός οξέος αυξάνει με αύξηση της K_a, έπεται από το μαθηματικό ορισμό του pK_a ότι τα πιο ισχυρά οξέα έχουν την μικρότερη τιμή pK_a. Συνεπώς η σειρά ισχύος των οξέων που υπολογίστηκαν παραπάνω είναι:



Όπως αναμενόταν, η πιο ισχυρή βάση του ερωτήματος (α) έχει το πιο ασθενές συζυγές οξύ και αντίστροφα, η πιο ασθενής βάση το πιο ισχυρό συζυγές οξύ.

Σχόλια για τη βαθμολόγηση: Η ζητούμενη άσκηση έχει ως στόχο να εξετάσει την κατανόηση σας στο ζήτημα των οξέων και των βάσεων κατά Bronsted, την εκτίμηση της ισχύος τους και τη συμπληρωματική σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην ισχύ ενός οξέος και της συζυγούς του βάσης και αντίστροφα. Στα ερωτήματα (α) και (γ) πλήρης

αιτιολόγηση, που παίρνει όλες τις μονάδες που αντιστοιχούν, περιλαμβάνει την αναφορά στον μαθηματικό ορισμό του pK_a (ή pK_b) και τη συσχέτιση του με το K_a (και το K_b αντίστοιχα). Απουσία αναφοράς σε αυτούς τους ορισμούς χάνει μονάδες. Στο ερώτημα (β) προσδιορίζεται συγκεκριμένα το νερό στην εκφώνηση για ναδειχτεί μέσω χημικών αντιδράσεων ότι για κάθε οξύ υπάρχει μια συζυγής βάση και για κάθε βάση ένα συζυγές οξύ. Το μόριο του H_2O παίζει το ρόλο της βάσης ή του οξέος ανάλογα με την περίπτωση. Λάθη στη γραφή ή τα σθένη των οξέων και των βάσεων χάνουν κάποιες μονάδες ανάλογα με τη σοβαρότητα τους. Επίσης, οποιαδήποτε αναφορά στις συζυγείς βάσεις ή τα συζυγή οξέα χωρίς τις εξισώσεις χάνει μονάδες. Για τον προσδιορισμό του pK_b λαμβάνεται ως τιμή αναφοράς η τιμή σε κανονικές συνθήκες. Αριθμητικά λάθη στον υπολογισμό χάνουν κάποιες μονάδες ανάλογα με τη σοβαρότητα τους.

Επιπλέον Θέμα για φοιτητές που δεν έχουν κάνει τις εργαστηριακές ασκήσεις.

Θέμα 5^ο

Το γινόμενο διαλυτότητας του $CaCO_3(s)$ στο νερό είναι ίσο με $K_{sp} = 8.7 \cdot 10^{-9}$ στους $25^\circ C$.

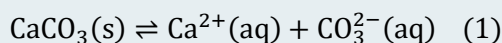
(α) Υπολογίστε τη γραμμομοριακή του διαλυτότητα στους $25^\circ C$. Θεωρήστε συμπεριφορά ιδανικού διαλύματος. (1 Μονάδα)

(β) Τι αναμένετε να συμβεί στη γραμμομοριακή διαλυτότητα του $CaCO_3(s)$, αν στο διάλυμά του προστεθούν $0.20M$ $CaCl_2(aq)$; Αιτιολογήστε την απάντησή σας. (0.5 Μονάδες)

(γ) Το διάλυμα $CaCl_2$ αναμένετε να είναι όξινο, ουδέτερο ή αλκαλικό; Αιτιολογήστε την απάντησή σας. (0.5 Μονάδες)

Λύση

(α) Η χημική αντίδραση διάλυση του $CaCO_3(s)$ στο νερό είναι:



Η αντίστοιχη έκφραση του γινομένου διαλυτότητας είναι:

$$K_{SP} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}] \quad (2)$$

Από την εξίσωση (1) προκύπτει ότι αναλογία mol είναι $1 \text{ mol } Ca^{2+}(aq) \approx 1 \text{ mol } CaCO_3(s)$ και $1 \text{ mol } CO_3^{2-}(aq) \approx 1 \text{ mol } CaCO_3(s)$. Αν εκφράσουμε ως s τη συγκέντρωση του $Ca^{2+}(aq)$ στην ισορροπία έχουμε:

$$[Ca^{2+}] = s$$

και αντίστοιχα:

$$[CO_3^{2-}] = s$$

Τώρα μπορούμε να εκφράσουμε το γινόμενο διαλυτότητας της εξίσωσης (2) σαν συνάρτηση της s :

$$K_{SP} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}] = s \times s = s^2$$

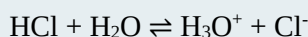
$$\text{Συνεπώς, } s = (K_{SP})^{1/2} \approx 0.093$$

(β) Η χημική αντίδραση διάλυση του $CaCl_2(s)$ στο νερό είναι:



Συνεπώς, η προσθήκη του $CaCl_2(s)$ θα προσθέσει στο διάλυμα ιόντα $Ca^{2+}(aq)$. Λόγω επίδρασης κοινού ιόντος η γραμμομοριακή διαλυτότητα του $CaCO_3(s)$ πρόκειται να ελαττωθεί καθώς σύμφωνα με την Αρχή Le Chatelier, η ισορροπία της αντίδρασης (1) θα μετακινηθεί προς τη μεριά των αντιδρώντων (προς τα αριστερά).

(γ) Τα ιόντα Ca^{2+} είναι αρκετά μεγάλα σε μέγεθος και έχουν μικρό φορτίο. Ως συνέπεια είναι πολύ αδύναμα οξέα κατά Lewis και έχουν ουδέτερη επίδραση στο διάλυμα. Το ανιόν $Cl^-(aq)$ είναι συζυγής βάση πολύ ισχυρού οξέος, του HCl σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Συνεπώς, και το $\text{Cl}^-(\text{aq})$ είναι πολύ ασθενής βάση για να έχει σημαντική επίδραση στο pH του διαλύματος. Συνεπώς, το διάλυμα CaCl_2 αναμένεται να είναι ουδέτερο.

Σχόλια για τη βαθμολόγηση: Η ζητούμενη άσκηση έχει ως στόχο να εξετάσει την κατανόηση σας σε θέματα που αφορούν τη διαλυτότητα αλάτων και τη συμπεριφορά των ιόντων σε υδατικά διαλύματα. Η ακριβής γραφή των χημικών αντιδράσεων, η αναλυτική αιτιολόγηση όπως παραπάνω και οι σωστές αριθμητικές πράξεις στο ερώτημα (α) είναι προϋποθέσεις για να λάβετε το μέγιστο της βαθμολογίας. Δε θα κοπούν βαθμοί αν δεν υπολογίστηκε αριθμητικά η τιμή της τετραγωνικής ρίζας στο υποερώτημα (α).