

ΧΗΜΕΙΑ

Κανονική εξέταση χειμερινού εξαμήνου ακαδημαϊκού έτους 2024-25

Εξάμηνο 1^ο

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

Ομάδα Θεμάτων Δ

Θέματα για όλους τους φοιτητές.

Θέμα 1^ο

Για κάθε έναν από τους συνδυασμούς κβαντικών αριθμών του Πίνακα:

(α) Αναφέρετε, αν είναι δυνατό να ισχύουν για ένα ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο (1 μονάδα).

(β) Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας. (1 μονάδα)

	n	l	m_l	m_s
(i)	1	1	0	+1/2
(ii)	2	1	0	0
(iii)	4	3	-2	+1/2

Λύση

Ο κύριος κβαντικός αριθμός **n** μπορεί να πάρει όλες τις ακέραιες θετικές τιμές, δηλαδή **n=1, 2, 3...**

Ο κβαντικός αριθμός της στροφορμής (ή αξιμουθιακός ή δευτερεύων) **l** παίρνει ακέραιες θετικές τιμές μεταξύ 0 και **n-1**, όπου **n** η τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού.

Ο μαγνητικός κβαντικός αριθμός λαμβάνει και αυτός ακέραιες τιμές μεταξύ **-l** και **+l**, όπου **l** η τιμή του κβαντικού αριθμού της στροφορμής. Δηλαδή, **-l, l+1, ... 0 ... l-1, l**

Τέλος, ο κβαντικός αριθμός του spin για ένα ηλεκτρόνιο μπορεί να λάβει τις τιμές **m_s = -1/2** και **m_s = +1/2**.

Ηλεκτρόνια μπορούν να βρίσκονται μόνο σε τροχιακά για τα οποία ικανοποιούνται οι παραπάνω μαθηματικές σχέσεις/συνθήκες.

(i) Για τον συνδυασμό που δίνεται, η τιμή **n=1** είναι αποδεκτή.

Ο **l** μπορεί να πάρει τιμές από **0** έως **n-1 = 1-1 = 0**. Δηλαδή, **l = 0 (μοναδική τιμή)**. Συνεπώς η τιμή **l=0** που δίνεται είναι αποδεκτή.

Για **l=0** η τιμή που είναι επιτρεπτή για τον μαγνητικό κβαντικό αριθμό είναι **m_l = 0**.

Κατά συνέπεια ο συνδυασμός (2, 1, 0, +1/2) είναι επιτρεπτός και ισχύει για ένα ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο.

(ii) Παρατηρούμε ότι δίνεται τιμή για τον κβαντικό αριθμό του spin ίση με 0. Αυτό είναι αδύνατο, συνεπώς αυτός ο συνδυασμός δεν μπορεί να ισχύει για ένα ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο.

(iii) Η τιμή **n=4** είναι αποδεκτή.

Ο **l** μπορεί να πάρει τιμές από **0** έως **n-1 = 4-1 = 3**. Δηλαδή, **l = {0, 1, 2, 3}**. Συνεπώς η τιμή **l=3** είναι αποδεκτή.

Για **l=3**, οι τιμές που είναι επιτρεπτές για τον μαγνητικό κβαντικό αριθμό είναι **m_l = {-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3}**. Οπότε η τιμή **m_l = -2** είναι αποδεκτή.

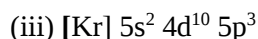
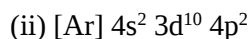
Κατά συνέπεια ο συνδυασμός (4, 3, -2, +1/2) είναι επιτρεπτός και ισχύει για ένα ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο.

Σχόλια για τη βαθμολόγηση: Η ζητούμενη άσκηση έχει ως στόχο να εξετάσει την ικανότητα σας να χρησιμοποιείται τις αριθμητικές συσχετίσεις μεταξύ των κβαντικών αριθμών ώστε. Η εύρεση των επιτρεπόμενων συνδυασμών σας δίνει 1 μονάδα. Πλήρης αιτιολόγηση θεωρείται όταν έχετε αναφέρει (i) τις ακριβείς μαθηματικές σχέσεις/συνθήκες που ισχύουν για κάθε κβαντικό αριθμό και (ii) έχετε δείξει με πράξεις για κάθε υποερώτημα που αυτές απαιτούνται τους

λόγους για τους οποίους επιτρέπεται (ή όχι) ο συνδυασμός κβαντικών αριθμών που δίνεται. Απουσία μιας εξ αυτών ή και των δύο πληροφοριών, 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).



(β) Ποιο από τα παραπάνω στοιχεία αναμένετε να έχει τη μεγαλύτερη ατομική 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: $4s \rightarrow 3d \rightarrow 4p$ και $5s \rightarrow 4d \rightarrow 5p$ 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) $[\text{Ar}] 4s^2$: Το στοιχείο ανήκει στην 4^η περίοδο του περιοδικού πίνακα και είναι το 2^ο στοιχείο της περιόδου (2 ηλεκτρόνια σθένους – 2^η Ομάδα). Είναι το **ασβέστιο, Ca**.

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 $[\text{Ar}]$.

- (ii) $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^2$: Το στοιχείο ανήκει στην 4^η περίοδο του περιοδικού πίνακα και είναι το 14^ο στοιχείο της περιόδου ($2+10+2=14$ ηλεκτρόνια σθένους – 14^η Ομάδα). Είναι το **γερμάνιο, Ge**.

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 $[\text{Ar}]$.

- (iii) $[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10} 5p^3$: Το στοιχείο ανήκει στην 5^η περίοδο του περιοδικού πίνακα και είναι το 15^ο στοιχείο της περιόδου ($2+10+3=15$ ηλεκτρόνια σθένους – 15^η Ομάδα). Είναι το **αντιμόνιο, Sb**.

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 $[\text{Kr}]$.

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 ατομική ακτίνα ορίζεται ως το ήμισυ της απόστασης μεταξύ δύο πυρήνων σε δύο γειτονικά άτομα μετάλλου ή σε ένα διατομικό μόριο. Καθώς το φορτίο του πυρήνα αυξάνει από αριστερά προς δεξιά, κάθε ηλεκτρόνιο σθένους που προστίθεται σε κάθε επόμενο στοιχείο θα δέχεται ισχυρότερη έλξη από τον πυρήνα σε σχέση με το προηγούμενο του. Για αυτό το λόγο αναμένεται η ατομική ακτίνα να ελαττώνεται κατά μήκος μιας περιόδου καθώς κινούμαστε από τα αριστερά προς τα δεξιά. Εξαιτίας της αύξησης του μεγέθους της στοιβάδας σθένους, καθώς κινούμαστε κατακόρυφα σε μια ομάδα, αναμένουμε η ατομική ακτίνα να μεγαλώνει από πάνω προς τα κάτω, παρότι προφανώς αυξάνει και το πυρηνικό φορτίο. Για τους παραπάνω λόγους τα στοιχεία που βρίσκονται στις πρώτες δύο ομάδες του περιοδικού πίνακα έχουν κατά κανόνα τις μεγαλύτερες τιμές ατομικής ακτίνας σε μια περίοδο και τα αντίστοιχα ευγενή αέρια τις μικρότερες. Με βάση τα παραπάνω και εκτιμώντας ότι η διαφορά στις ατομικές ακτίνες για τα αντίστοιχα στοιχεία της 3^{ης} και της 4^{ης} περιόδου που βρίσκονται στην ίδια ομάδα δεν είναι μεγάλες, θα πρέπει να αναμένουμε ότι το στοιχείο με τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα θα είναι αυτό που βρίσκεται στον περιοδικό πίνακα στην ομάδα με το μικρότερο αριθμό (πιο αριστερά) και αυτό είναι το Ασβέστιο (Ca).

Σχόλια για τη βαθμολόγηση: Η ζητούμενη άσκηση έχει ως στόχο να εξετάσει την κατανόηση της ατομικής ακτίνας και την περιοδικότητα αυτής με βάση το πυρηνικό φορτίο και το μέγεθος της στοιβάδας σθένους καθώς αυξάνεται ο κύριος κβαντικός αριθμός. Σωστή επιλογή του στοιχείου δίνει τη μισή μονάδα. Η αιτιολόγηση που αναφέρεται παραπάνω δίνει την άλλη μισή μονάδα.

Θέμα 3^ο

(α) Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ενός πολικού και ενός μη πολικού ομοιοπολικού δεσμού; (1 μονάδα)

(β) Το MgO ή το BaO αναμένετε να είναι πιο διαλυτό στο νερό; Χρησιμοποιήστε τον πίνακα τιμών ηλεκτραρνητικότητας που δίνεται στην σελίδα 4 για να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. (1 μονάδα).

Λύση

(α) Οι δεσμοί που σχηματίζονται με αμοιβαία συνεισφορά ενός ηλεκτρονίου από κάθε άτομο ονομάζονται ομοιοπολικοί δεσμοί. Αρκετές φορές τα ηλεκτρόνια των κοινών ηλεκτρονικών ζευγών του δεσμού ξοδεύουν περισσότερο χρόνο γύρω από το ένα άτομο του δεσμού σε σχέση με το δεύτερο. Αυτό συμβαίνει πιο συχνά όταν συνάπτονται χημικοί δεσμοί μεταξύ ατόμων διαφορετικών στοιχείων που έχουν διαφορετική ηλεκτρονιακή δομή. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε ένα πολικό ομοιοπολικό δεσμό ο οποίος χαρακτηρίζεται από ανισοκατανομή φορτίου. Αυτό έχει ως συνέπεια το μόριο να παρουσιάζει ιδιότητες ηλεκτρικού διπόλου με το ένα άτομο (το πιο ηλεκτραρνητικό) να παρουσιάζεται αρνητικά φορτισμένο και το άλλο (το λιγότερο ηλεκτραρνητικό) να παρουσιάζεται θετικά φορτισμένο. Ένας μη πολικός ομοιοπολικός δεσμός αποτελεί την πιο απλή περίπτωση κατά την οποία τα ηλεκτρόνια του δεσμού περνούν περίπου τον ίδιο χρόνο ανάμεσα στα δύο άτομα. Τέτοιοι δεσμοί συνάπτονται συνήθως μεταξύ ατόμων το ίδιου στοιχείου (διατομικά μόρια) ή μεταξύ στοιχείων που έχουν παραπλήσιες τιμές ηλεκτραρνητικότητας.

(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. Αν υπολογίσουμε με τη βοήθεια των τιμών του πίνακα τη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας στο δεσμό Mg και O και την αντίστοιχη διαφορά στο δεσμό Ba και O, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι αυτό με τον πιο ιοντικό χαρακτήρα θα αναμένουμε να είναι πιο διαλυτό στο νερό.

Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας O – Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας Mg = 3.5 – 1.2 = 2.3

Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας O – Τιμή Ηλεκτραρνητικότητας Ba = 3.5 – 0.9 = 2.6

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

Σχόλια για τη βαθμολόγηση: Η ζητούμενη άσκηση έχει ως στόχο να εξετάσει την κατανόηση σας στο ζήτημα του ιοντικού 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 αυτή που περιλαμβάνει αναφορά στο διπολικό χαρακτήρα των μορίων που τα άτομα τους συνδέονται με πολικό δεσμό και κάτω από ποιες συνθήκες συμβαίνει αυτό (διαφορετικά στοιχεία – διαφορά ηλεκτραρνητικότητας). Απουσία αυτών των στοιχείων στην απάντηση επιφέρει αφαίρεση βαθμολογίας.
- 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).

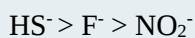
Βάση	pK _b
HS ⁻	7.11
NO ₂ ⁻	10.63
F ⁻	10.55

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

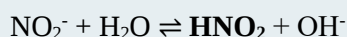
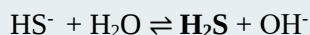
(γ) Τοποθετήστε τα συζυγή οξέα αντίστοιχα σε σειρά από το πιο ισχυρό στο πιο ασθενές. (0.5 μονάδες)

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 δραστηριότητας:

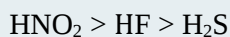


Τα συζυγή οξέα είναι συνεπώς: H₂S, HF και HNO₂.

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
H ₂ S	6.89
HF	3.45
HNO ₂	3.37

(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 ισχύς 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 να δείχτεί μέσω χημικών αντιδράσεων ότι για κάθε οξύ υπάρχει μια συζυγής βάση και για κάθε βάση ένα συζυγές οξύ. Το μόριο του H₂O 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 PbS (s) στο νερό είναι ίσο με $K_{sp} = 8.8 \cdot 10^{-29}$ στους 25°C.

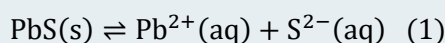
(α) Υπολογίστε τη γραμμομοριακή του διαλυτότητα στους 25°C. Θεωρήστε συμπεριφορά ιδανικού διαλύματος. (1 μονάδα).

(β)) Τι αναμένετε να συμβεί στη γραμμομοριακή διαλυτότητα του PbS (s) αν στο διάλυμα του προστεθούν 0.26M NaHS (aq); Αιτιολογήστε την απάντησή σας. (0.5 Μονάδες)

(γ) Το διάλυμα NaHS αναμένετε να είναι όξινο, ουδέτερο ή αλκαλικό; Αιτιολογήστε την απάντησή σας. Δίνεται $pK_b(\text{HS}^-) = 7.11$ (0.5 Μονάδες)

Λύση

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



Η αντίστοιχη έκφραση του γινομένου διαλυτότητας είναι:

$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad (2)$$

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

$$[\text{Pb}^{2+}] = s$$

και αντίστοιχα:

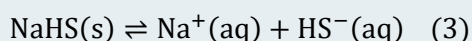
$$[\text{S}^{2-}] = s$$

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

$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{S}^{2-}] = s \times s = s^2$$

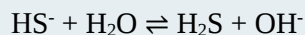
Συνεπώς, $s = (K_{sp})^{1/2} \approx 9 \times 10^{-15}$

(β) Η χημική αντίδραση διάλυση του $\text{NaHS}(\text{s})$ στο νερό είναι:



Συνεπώς, η προσθήκη του $\text{NaHS}(\text{s})$ θα προσθέσει στο διάλυμα ιόντα $\text{Na}^+(\text{aq})$ και $\text{HS}^-(\text{aq})$ που είναι μη κοινά ιόντα σε σχέση με τη σύσταση του αρχικού διαλύματος. Γενικά, η προσθήκη ηλεκτρολύτη σε κορεσμένο διάλυμα δυσδιάλυτου ιοντικού στερεού με το οποίο δεν έχει κοινό ιόν, έχει ως συνέπεια την αύξηση της διαλυτότητας του δυσδιάλυτου ιοντικού στερεού. Η προσθήκη του ηλεκτρολύτη έχει ως άμεση συνέπεια την αύξηση της ιοντικής ισχύος (I) του διαλύματος. Καθώς αυξάνεται όμως η ιοντική ισχύς, μειώνεται γενικά η τιμή του μέσου συντελεστή ενεργότητας του ηλεκτρολύτη, και συνεπώς, αυξάνεται η τιμή του γινομένου διαλυτότητας K_{sp} . Άρα θα πρέπει να αναμένουμε μια αύξηση της διαλυτότητας του PbS .

(γ) Τα ιόντα Na^+ 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 $\text{HS}^-(\text{aq})$ είναι συζυγής βάση του ασθενούς οξέος H_2S , σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Συνεπώς, το διάλυμα NaHS αναμένεται να είναι αλκαλικό.

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).