

## ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

### ΘΕΜΑΤΑ

1. Για να παρασκευάσετε ένα διάλυμα ορισμένου pH στο Εργαστήριο χρησιμοποιήσατε το ρυθμιστικό ζεύγος  $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Έστω τώρα ότι θέλετε να παρασκευάσετε, χρησιμοποιώντας το ίδιο ρυθμιστικό ζεύγος, ένα διάλυμα 100,0 mL που να έχει σταθερό  $\text{pH} = 5,00$ . Πόσα γραμμάρια στερεού  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  θα απαιτηθούν, αν ο όγκος του  $\text{CH}_3\text{COOH}$  1,00 M που θα αναμίξετε είναι 60,0 mL;

2. Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις ισχύουν;

(α) Ένα υδατικό διάλυμα του ιόντος κυανιδίου,  $\text{CN}^-$ , είναι βασικό.

(β) Από τα άλατα: φθορίδιο του καλίου, βρωμίδιο του αμμωνίου και ιωδίδιο του νατρίου, εκείνο το οποίο διαλυόμενο στο νερό θα δώσει όξινο διάλυμα, είναι το φθορίδιο του καλίου.

(γ) Αν οι τιμές  $\text{p}K_b$  για τις βάσεις  $\text{A}^-$  και  $\text{B}^-$  είναι 3,5 και 6,2, αντιστοίχως, τότε το οξύ HB είναι ισχυρότερο από το οξύ HA.

(δ) Από τα ιόντα  $\text{IF}_2^+$ ,  $\text{ICl}_2^-$ , γραμμική γεωμετρία έχει το πρώτο.

3. Στο δευτεριωμένο ύδωρ ή οξειδίο του δευτερίου,  $\text{D}_2\text{O}$ , τα δύο άτομα H του νερού,  $\text{H}_2\text{O}$ , έχουν αντικατασταθεί από το ισότοπο του υδρογόνου δευτέριο ( $\text{D}$  ή  ${}^2_1\text{H}$ ). Το γινόμενο ιόντων του  $\text{D}_2\text{O}$  είναι  $1,35 \times 10^{-15}$  στους  $25^\circ\text{C}$ .

(α) Υπολογίστε το  $\text{pD}$  (αντίστοιχο του  $\text{pH}$ ).

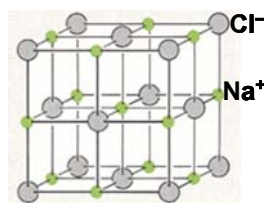
(β) Για ποιες τιμές του  $\text{pD}$  ένα διάλυμα ουσίας σε  $\text{D}_2\text{O}$  θα είναι όξινο;

(γ) Βρείτε μια σχέση μεταξύ  $\text{pD}$  και  $\text{pOD}$

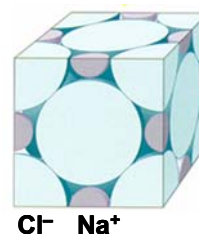
4. Το ιόν  $\text{Ni}(\text{CN})_4^{2-}$  που έχει επίπεδη τετραγωνική γεωμετρία είναι διαμαγνητικό, ενώ το ιόν  $\text{NiCl}_4^{2-}$  που είναι τετραεδρικό είναι παραμαγνητικό. Εξηγήστε.

5. Πολλά εργαστηριακά αέρια πωλούνται σε χαλύβδινες φιάλες που περιέχουν 43,8 L αερίου. Πόσα γραμμάρια αργού υπάρχουν σε μια τέτοια φιάλη, όταν η πίεση του αερίου είναι 17.180 kPa στους  $20^\circ\text{C}$ ;

6. Στο διπλανό σχήμα εικονίζεται η στοιχειώδης κυψελίδα του  $\text{NaCl}$ . Υπολογίστε την πυκνότητα του  $\text{NaCl}$  σε  $\text{g/cm}^3$ . Δίνονται οι ιοντικές ακτίνες:  $\text{Na}^+$  97 pm και  $\text{Cl}^-$  181 pm.



(α)



(β)

7. Από τις ουσίες: αιθένιο ( $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ ), χλωροφόρμιο ( $\text{CHCl}_3$ ), αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) και νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ποια ουσία εμφανίζει

(α) τις ισχυρότερες δυνάμεις London;

(β) τους ισχυρότερους δεσμούς υδρογόνου;

(γ) Σε ποια ουσία οι δυνάμεις διπόλου – διπόλου είναι μηδενικές;

8. Το ισοκυανικό μεθύλιο,  $\text{CH}_3\text{NCO}$ , είναι ένα τοξικό αέριο που ευθύνεται για τον θάνατο τουλάχιστον 3000 ανθρώπων, όταν κατά λάθος ελευθερώθηκε στην ατμόσφαιρα τον Δεκέμβριο του 1984 στην πόλη Bhopal της Ινδίας.

(α) Γράψτε τους τρεις τύπους συντονισμού για το ισοκυανικό μεθύλιο, σημειώνοντας και τα τυπικά φορτία στα άτομα C, N και O. Ποιος από τους τρεις τύπους θεωρείται ότι περιγράφει καλύτερα τις σχέσεις δεσμών στο μόριο;

(β) Πόση είναι η τιμή της γωνίας δεσμών N–C–O;

9. Σε ποιο από τα ιόντα  $\text{F}_2^+$  και  $\text{F}_2^-$  το μήκος του δεσμού F–F είναι μεγαλύτερο;

10. Η διαλυτότητα μιας ιοντικής ένωσης  $\text{M}_2\text{X}_3$  (γραμμομοριακή μάζα 288 g) είναι  $6,0 \times 10^{-13}$  g/L. Πόση είναι η  $K_{sp}$  της ένωσης;

Δεδομένα:  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,7 \times 10^{-5}$

A.B. Na = 23,0 amu Ar = 39,948 amu, Cl = 35,5 amu

1 atm = 100 kPa

Γραμμομοριακή σταθερά των αερίων  $R = 0,0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

Σταθερά Avogadro  $N_A = 6,022 \times 10^{23}/\text{mol}$

Γράφετε ευανάγνωστα και καθαρά! Όλες οι απαντήσεις να είναι επαρκώς αιτιολογημένες!!!

**Απαντήσεις χωρίς αιτιολόγηση δεν λαμβάνονται υπ' όψιν.**

Δώστε προσοχή στα σημαντικά ψηφία των αριθμητικών αποτελεσμάτων!

Ελέγξτε πόσο λογικό είναι το αποτέλεσμα που βρήκατε ☺ Καλή επιτυχία.

## ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

1. Θα εφαρμόσουμε την εξίσωση Henderson-Hasselbach:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές  $\text{pH} = 5,00$  και  $\text{p}K_a = -\log(1,7 \times 10^{-5}) = 4,77$ , βρίσκουμε

$$5,00 = 4,77 + \log \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]} \Rightarrow \log \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]} = 0,23 \Rightarrow \frac{[\text{βάση}]}{[\text{οξύ}]} = 1,70$$

$$\text{Η συγκέντρωση του οξέος είναι: } [\text{οξύ}] = \frac{(60,0 \text{ mL})(1,00 \text{ M})}{[100,0 \text{ mL}]} = 0,600 \text{ M}$$

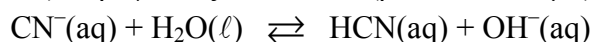
$\Rightarrow$  Η συγκέντρωση της βάσεως, δηλαδή του άλατος  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , είναι

$$[\text{βάση}] = 1,70 \times 0,600 \text{ M} = 1,02 \text{ M} = (1,02 \text{ mol/L})(136 \text{ g/mol}) = 138,72 \text{ g} = 139 \text{ g/L}$$

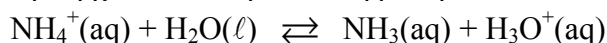
$\Rightarrow$  Για τα 100,0 mL ρυθμιστικού διαλύματος θα απαιτηθούν 13,9 g  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

(136 g είναι η γραμμομοριακή μάζα του  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )

2. (α) Σωστό. Το ιόν  $\text{CN}^-$  είναι η συζυγής βάση του ασθενούς οξέος  $\text{HCN}$  και επομένως αντιδρά με το νερό (υδρολύεται) παράγοντας ιόντα  $\text{OH}^-$  (βασικό διάλυμα) (Σελ. 696):



(β) Λάθος. Οξινό διάλυμα θα δώσει το βρωμίδιο του αμμωνίου ( $\text{NH}_4\text{Br}$ ), λόγω υδρόλυσης του ιόντος  $\text{NH}_4^+$ , που προέρχεται από την ασθενή βάση  $\text{NH}_3$ :



Το φθορίδιο του καλίου ( $\text{KF}$ ), δίνει βασικό διάλυμα (όπως το ιόν  $\text{CN}^-$ ), λόγω υδρόλυσης του ιόντος  $\text{F}^-$  που προέρχεται από ασθενές οξύ ( $\text{HF}$ ). Το ιωδίδιο του νατρίου ( $\text{NaI}$ ) δίνει ουδέτερο διάλυμα, επειδή δεν υδρολύεται κανένα από τα ιόντα του, ως προερχόμενο από την εξουδετέρωση ισχυρού οξέος ( $\text{HI}$ ) από ισχυρή βάση ( $\text{NaOH}$ ) (Σελ. 696-697).

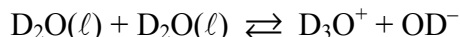
(γ) Σωστό. Μεγαλύτερη τιμή  $\text{p}K_b$  σημαίνει ασθενέστερη βάση και άρα  $\text{B}^- < \text{A}^-$ . Άρα, για τα συζυγή οξέα ισχύει  $\text{HB} > \text{HA}$ , αφού τα ισχυρότερα οξέα έχουν τις ασθενέστερες συζυγείς βάσεις και αντιστρόφως (Σελ. 661).

(δ) Λάθος. Οι δομές Lewis των δύο ιόντων είναι



Το  $\text{IF}_2^+$  ανήκει στον γενικό τύπο  $\text{AB}_2\text{E}_2$  και έχει γεωμετρία ηλεκτρονικών ζευγών σθένους για το κεντρικό άτομο I τετραεδρική. Η μοριακή του γεωμετρία είναι κεκαμμένη (Σχήμα 10.3, Σελ. 394). Το  $\text{ICl}_2^-$  ανήκει στον γενικό τύπο  $\text{AB}_2\text{E}_3$  και έχει γεωμετρία ηλεκτρονικών ζευγών σθένους για το κεντρικό άτομο I τριγωνική διπυραμδική. Η μοριακή του γεωμετρία είναι γραμμική (Σχήμα 10.9, Σελ. 400).

3. Όπως στην περίπτωση του H<sub>2</sub>O, γράφουμε την ισορροπία αυτοϊοντισμού του D<sub>2</sub>O:



Η έκφραση του γινομένου των ιόντων του D<sub>2</sub>O θα είναι  $K = [D_3O^+][OD^-] = 1,35 \times 10^{-15}$

(α) Επειδή σε καθαρό D<sub>2</sub>O, τα ιόντα D<sub>3</sub>O<sup>+</sup> και OD<sup>-</sup> παράγονται σε ίσους αριθμούς, οι συγκεντρώσεις τους είναι ίσες, δηλαδή  $[D_3O^+] = [OD^-]$ . Έτσι, από την έκφραση της  $K$  προκύπτει

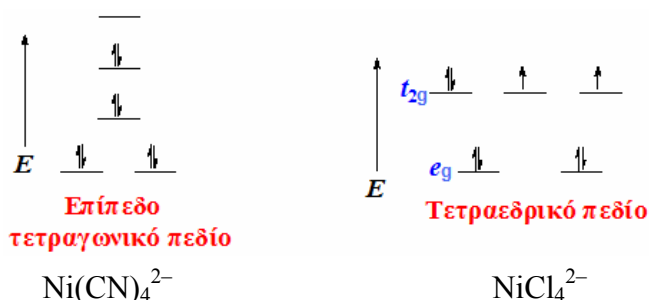
$$[D_3O^+] = [OD^-] = \sqrt{1,35 \times 10^{-15}} = 3,67 \times 10^{-8} \Rightarrow$$

$$pD = -\log[D_3O^+] = -\log(3,67 \times 10^{-8}) = 8 - \log(3,67) = 7,435$$

(β) Στην περίπτωση του H<sub>2</sub>O, ένα διάλυμα είναι όξινο όταν pH < 7,00. Κατ' ανάλογο τρόπο, ένα διάλυμα ουσίας σε D<sub>2</sub>O θα είναι όξινο για κάθε τιμή pD < 7,435.

(γ) Από τη σχέση  $[D_3O^+][OD^-] = 1,35 \times 10^{-15}$  προκύπτει ότι  $-\log[D_3O^+] - \log[OD^-] = -\log(1,35 \times 10^{-15})$  ή  $pD + pOD = 15 - \log(1,35) = 14,870$

4. Θα εφαρμόσουμε τη θεωρία του κρυσταλλικού πεδίου για τετραεδρικά και επίπεδα τετραγωνικά σύμπλοκα (Σελ. 1025 και Σχήμα 25.26). Το Ni ανήκει στην Ομάδα 10 και στην 4η Περίοδο και έχει ηλεκτρονική δομή  $[Ar]3d^84s^2$ . Στα δεδομένα σύμπλοκα, το Ni έχει αριθμό οξειδωσης  $x = +2$ , αφού  $x + 4(-1) = -2$ . Άρα, το κεντρικό ιόν, με ηλεκτρονική δομή  $[Ar]3d^8$  διαθέτει 8 *d* ηλεκτρόνια. Σύμφωνα με το Σχήμα 25.26, για τα δύο σύμπλοκα θα έχουμε την ακόλουθη εικόνα:



Παρατηρούμε ότι και τα 8 *d* ηλεκτρόνια του  $Ni(CN)_4^{2-}$  είναι συζευγμένα, και άρα το σύμπλοκο είναι διαμαγνητικό, ενώ στο ιόν  $NiCl_4^{2-}$  το κεντρικό άτομο διαθέτει 2 ασύζευκτα ηλεκτρόνια και άρα είναι παραμαγνητικό.

5. Θα εφαρμόσουμε την εξίσωση των ιδανικών αερίων  $PV = nRT$ , προκειμένου να υπολογίσουμε τον αριθμό  $n$  των moles του αερίου Ar. Πρώτα όμως θα μετατρέψουμε την πίεση σε atm, επειδή η σταθερά  $R$  εμπεριέχει atm. Είναι  $P = 17.180 \text{ kPa} \times (1 \text{ atm}/100 \text{ kPa}) = 171,80 \text{ atm}$ . Επίσης, η θερμοκρασία σε κέλβιν είναι  $T = 273 + 25 = 293 \text{ K}$ . Έτσι έχουμε:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(171,80 \text{ atm})(43,8 \text{ L})}{(0,0821 \text{ L} \cdot \text{atm}/\text{K} \cdot \text{mol})(293 \text{ K})} = 313 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol Ar} = 39,948 \text{ g} \Rightarrow \text{Μάζα Ar} = 313 \text{ mol} \times 39,948 \text{ g/mol} = 1,25 \times 10^4 \text{ g Ar}$$

6. Η πυκνότητα  $d$  δίνεται από τον τύπο  $d = m/V$ , όπου  $m$  η μάζα της στοιχειώδους κυψελίδας και  $V$  ο όγκος της. Άρα, θα πρέπει να υπολογίσουμε τα δύο αυτά μεγέθη, μάζα και όγκο της κυψελίδας.  
Υπολογισμός μάζας: [Σχήμα (α)] Υπάρχουν 8 ιόντα  $\text{Cl}^-$  στις 8 κορυφές της κυβικής κυψελίδας και 6 ιόντα  $\text{Cl}^-$  στις 6 έδρες της. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τη συμμετοχή του κάθε ιόντος σε μία κυψελίδα (Σελ. 478), βρίσκουμε ότι σε μία κυψελίδα  $\text{NaCl}$  ανήκουν:  $8(1/8) + 6(1/2) = 4$  ιόντα  $\text{Cl}^-$ . Εξάλλου, σε μία κυψελίδα υπάρχουν 12 ιόντα  $\text{Na}^+$  στα μέσα των 12 ακμών του κύβου, με συμμετοχή  $1/4$ . Επίσης, υπάρχει 1 ιόν  $\text{Na}^+$  στο κέντρο του κύβου. Δηλαδή, σε μία κυψελίδα υπάρχουν  $12(1/4) + 1 = 4$  ιόντα  $\text{Na}^+$ . Έτσι, η μάζα μίας κυψελίδας είναι:

$$m = 4(23,0 + 35,5) \text{ amu} = 234 \text{ amu} = 234 \text{ g}/6,022 \times 10^{23} = 3,89 \times 10^{-22} \text{ g}$$

Υπολογισμός όγκου: [Σχήμα (β)] Αν  $a$  είναι το μήκος της ακμής της κυβικής κυψελίδας, τότε ο όγκος της είναι  $V = a^3$ . Παρατηρούμε ότι κατά μήκος μιας ακμής έχουμε δύο μισά ιόντα  $\text{Cl}^-$  και ένα ολόκληρο ιόν  $\text{Na}^+$ . Με άλλα λόγια, το μήκος  $a$  απαρτίζεται από δύο ακτίνες  $\text{Na}^+$  και δύο ακτίνες  $\text{Cl}^-$ , δηλαδή είναι  $a = 2(97 \text{ pm}) + 2(181 \text{ pm}) = 556 \text{ pm} = 5,56 \times 10^{-8} \text{ cm}$ . Άρα,

$$V = a^3 = (5,56 \times 10^{-8} \text{ cm})^3 = 1,72 \times 10^{-22} \text{ cm}^3$$

Τελικά:  $d = \frac{m}{V} = \frac{3,89 \times 10^{-22} \text{ g}}{1,72 \times 10^{-22} \text{ cm}^3} = 2,26 \text{ g/cm}^3$

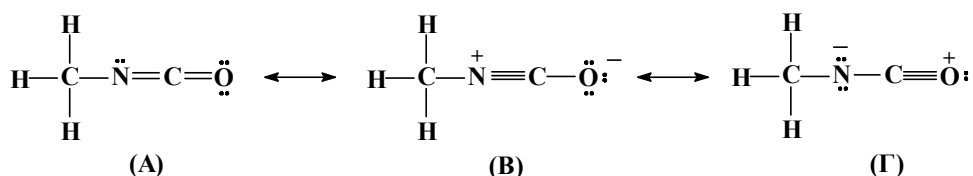
7. (α) Οι δυνάμεις London (ή δυνάμεις διασποράς) αυξάνονται με αυξανόμενο μοριακό βάρος (Σελ. 459). Από τις δεδομένες ενώσεις, το μεγαλύτερο μοριακό βάρος έχει το  $\text{CHCl}_3$  και άρα αυτό έχει τις ισχυρότερες δυνάμεις London.

(β) Δεσμούς υδρογόνου έχουμε όταν το H συνδέεται άμεσα με ένα πολύ ηλεκτραρνητικό στοιχείο, όπως F, O ή N. Στις δύο πρώτες ενώσεις τα άτομα H συνδέονται με άτομα C και έτσι δεν έχουμε δεσμούς H. Όμως μεταξύ των μορίων  $\text{NH}_3$ , όπως και μεταξύ των μορίων  $\text{H}_2\text{O}$ , σχηματίζονται δεσμοί υδρογόνου. Ισχυρότεροι είναι οι δεσμοί H μεταξύ των μορίων  $\text{H}_2\text{O}$ , επειδή το O είναι περισσότερο ηλεκτραρνητικό και μικρότερο σε μέγεθος από το άτομο του N (Σελ. 461).

(γ) Οι δυνάμεις διπόλου – διπόλου είναι μηδενικές, όταν, λόγω συμμετρίας, οι επιμέρους διπολικές ροπές αλληλοεξουδετερώνονται και δίνουν  $\mu_{\text{ολ}} = 0$ .

Αυτό ισχύει μόνο στο αιθένιο,  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ .

8. (α) Η σκελετική δομή της ένωσης προκύπτει από τον μοριακό της τύπο και είναι η ακόλουθη: C–N–C–O. Ακολουθούμε τώρα τα βήματα που περιγράφονται στη Σελ. 365, προκειμένου να γράψουμε τον τύπο Lewis της ένωσης. Λαμβάνουμε υπ' όψιν ότι ο κανόνας της οκτάδας ισχύει αυστηρά για τα άτομα C, N και O. Έτσι, από την κατανομή των 22 ηλεκτρονίων σθένους προκύπτει αρχικά ο τύπος Lewis (A). Μετακινώντας ένα ζεύγος ηλεκτρονίων κάθε φορά από τους διπλούς δεσμούς προκύπτουν οι άλλοι δύο τύποι συντονισμού (B) και (Γ).



Βρίσκουμε τώρα τα τυπικά φορτία (τ.φ.) εφαρμόζοντας τους σχετικούς κανόνες που αναφέρονται στη Σελ. 374. Τα άτομα C, N και O ανήκουν στις Ομάδες 4, 5 και 6 αντίστοιχα, οπότε και τα ηλεκτρόνια σθένους αυτών των ατόμων είναι 4, 5 και 6.

Στον τύπο (A) αποδίδουμε τα e σθένους ως εξής: 4 e στο πρώτο άτομο C (άρα τ.φ. =  $4 - 4 = 0$ ), 5 e στο άτομο N (άρα τ.φ. =  $5 - 5 = 0$ ), 4 e στο δεύτερο άτομο C (άρα τ.φ. =  $4 - 4 = 0$ ), 6 e στο άτομο O (άρα τ.φ. =  $6 - 6 = 0$ ).

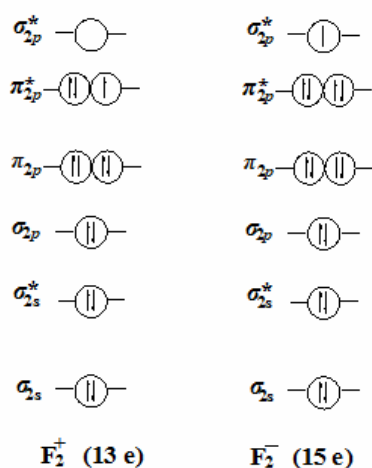
Στον τύπο (B) αποδίδουμε τα e σθένους ως εξής: 4 e στο πρώτο άτομο C (άρα τ.φ. =  $4 - 4 = 0$ ), 4 e στο άτομο N (άρα τ.φ. =  $5 - 4 = +1$ ), 4 e στο δεύτερο άτομο C (άρα τ.φ. =  $4 - 4 = 0$ ), 7 e στο άτομο O (άρα τ.φ. =  $6 - 7 = -1$ ).

Στον τύπο (Γ) αποδίδουμε τα e σθένους ως εξής: 4 e στο πρώτο άτομο C (άρα τ.φ. = 4 - 4 = 0), 6 e στο άτομο N (άρα τ.φ. = 5 - 6 = -1), 4 e στο δεύτερο άτομο C (άρα τ.φ. = 4 - 4 = 0), 5 e στο άτομο O (άρα τ.φ. = 6 - 5 = +1).

Ο τύπος (Α) με τα μικρότερα (μηδενικά) τυπικά φορτία θεωρείται ότι περιγράφει καλύτερα τις σχέσεις δεσμών στο μόριο;

(β) Στη γωνία δεσμών N-C-O, το άτομο C συμμετέχει είτε σε δύο διπλούς δεσμούς (τύπος Α) είτε σε τριπλό δεσμό (τύποι Β και Γ), οπότε χαρακτηρίζεται από *sp* υβριδισμό. Υβριδισμός *sp* σημαίνει γραμμική γεωμετρία γύρω από συγκεκριμένο άτομο. Γραμμική γεωμετρία σημαίνει γωνία δεσμών N-C-O = 180° (Πίνακας 10.2, Σελ. 411).

9. Το μεγαλύτερο μήκος θα έχει ο δεσμός με τη μικρότερη τάξη δεσμού. Η τάξη δεσμού θα βρεθεί βάσει της θεωρίας των μοριακών τροχιακών. Το F ανήκει στην ομάδα VIIA και έχει 7 ηλεκτρόνια σθένους. Τα ιόντα  $F_2^+$  και  $F_2^-$  έχουν 13 και 15 ηλεκτρόνια σθένους, αντίστοιχα. Σύμφωνα με το Σχήμα 10.35, τα ποιοτικά ενεργειακά διαγράμματα MO των δύο ιόντων θα είναι τα ακόλουθα:



Για τον δεσμό F-F στο ιόν  $F_2^+$ , η τάξη δεσμού (Σελ. 421) είναι: τ.δ. = (8 - 5)/2 = 1,5 και στο ιόν  $F_2^-$  τ.δ. = (8 - 7)/2 = 0,5. Άρα, μεγαλύτερος σε μήκος είναι ο δεσμός στο ιόν  $F_2^-$ .

10. Για την ένωση  $M_2X_3$  έχουμε την εξής ισορροπία στο νερό:  $M_2X_3(s) \rightleftharpoons 2M^+(aq) + 3X^-(aq)$ .

Η έκφραση της  $K_{sp}$  της ένωσης είναι  $K_{sp} = [M^+]^2[X^-]^3$

Από την παραπάνω ισορροπία προκύπτει ότι από τη διάλυση ενός mol  $M_2X_3$ , λαμβάνονται 2 mol ιόντων  $M^+$  και 3 mol ιόντων  $X^-$ . Αν καλέσουμε *s* τη γραμμομοριακή διαλυτότητα (σε mol/L), τότε προφανώς, από τη διάλυση *s* mol/L της ένωσης  $M_2X_3$ , θα σχηματισθούν 2*s* mol/L ιόντων  $M^+$  και 3*s* mol/L ιόντων  $X^-$ .

Έτσι, η  $K_{sp}$  θα υπολογίζεται από τη σχέση  $K_{sp} = [M^+]^2[X^-]^3 = (2s)^2(3s)^3 = 108s^5$

Μένει να μετατρέψουμε τη δεδομένη διαλυτότητα από g/L σε mol/L. Διαιρούμε με τη γραμμομοριακή μάζα (288 g/mol) και έχουμε:

$$s = \frac{6,0 \times 10^{-13} \text{ g/L}}{288 \text{ g/mol}} = 2,08 \times 10^{-15} \text{ M}$$

$$\Rightarrow K_{sp} = 108s^5 = 108(2,08 \times 10^{-15})^5 = 108(3,9 \times 10^{-74}) = 4,21 \times 10^{-72}$$