



Χημεία Ενώσεων Συναρμογής

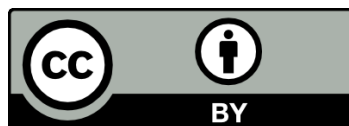
Ενότητα 2: Δεσμοί στις Ενώσεις Συναρμογής

Περικλής Ακρίβος
Τμήμα Χημείας



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.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.





Δεσμοί στις Ενώσεις Συναρμογής

Αναλυτική Περιγραφή



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Δεσμοί και περιγραφή Σύμπλοκων Ενώσεων
2. Ισομερείς Σύμπλοκες Ενώσεις
3. Πλήρης θεωρία δεσμού στις Σύμπλοκες Ενώσεις



Σκοποί ενότητας

- Εμβάθυνση στο σχηματισμό των δεσμών των Σύμπλοκων Ενώσεων και σχεδίασης των ενώσεων αυτών





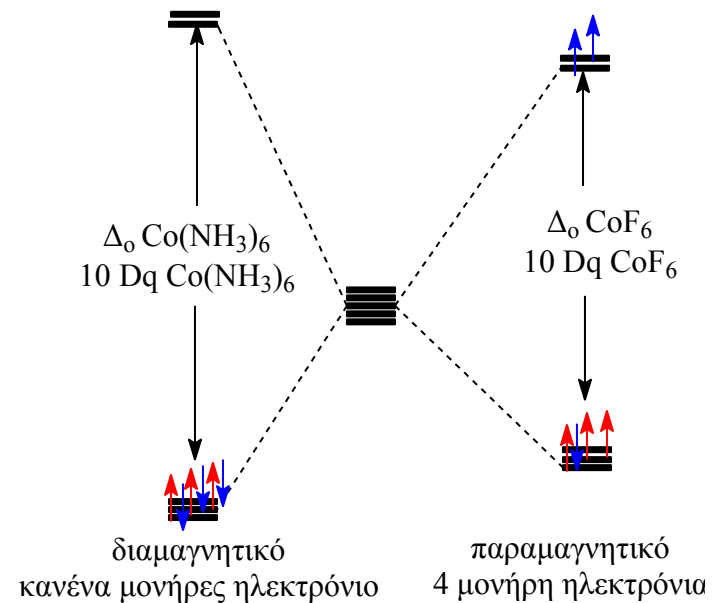
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Παραδείγματα και Ανάλυση

Δεσμοί και περιγραφή Σύμπλοκων Ενώσεων

Περιγραφή των ενώσεων του κοβαλτίου $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ και $[\text{CoF}_6]^{3-}$

- Η θέση των δύο ligand στην φασματοχημική σειρά υποδεικνύει ότι στο σύμπλοκο του φθορίου το Δ_o θα είναι μικρό ενώ στην περίπτωση της αμμωνίας μεγάλο.
- Αυτή είναι η μόνη διαφορά τους;
- Αν ακτινοβοληθούν με ορατή ακτι-νοβολία, ηλεκτρόνια από την κάτω ομάδα τροχιακών θα διεγερθούν στην επάνω.



Θα απορροφηθεί φωτόνιο της ίδιας ενέργειας;

Προφανώς όχι.

- Μεγαλύτερη ενέργεια θα απαιτηθεί για το σύμπλοκο της αμμωνίας (μεγαλύτερο 10 Dq), άρα μικρότερου μήκους κύματος.

Πρόβλεψη: Η μαγνητική επιδεκτικότητα της παραμαγνητικής ένωσης θα είναι ίση με

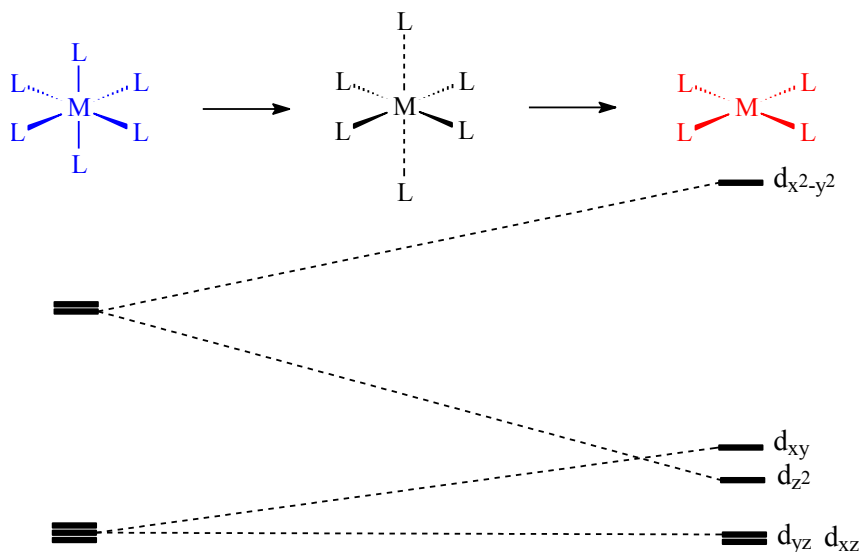
Το $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ χαρακτηρίζεται ως **χαμηλού σπιν** και το $[\text{CoF}_6]^{3-}$ ως **υψηλού σπιν** αντίστοιχα.

$$\mu_{eff} = \sqrt{n(n+2)} = \sqrt{4 \times 6} = \sqrt{24} = 4,89 \text{ BM}$$

Η μαγνητική επιδεκτικότητα που υπολογίστηκε αφορά μόνο το σπιν.



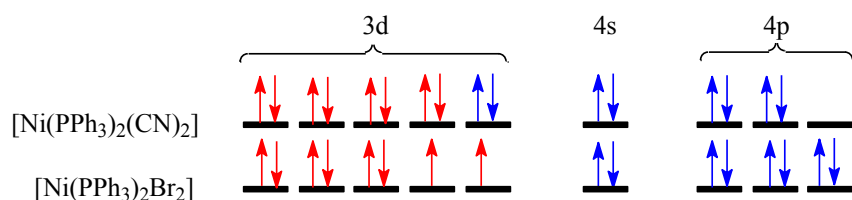
Τι γίνεται με τα επίπεδα τετραγωνικά σύμπλοκα;



- Αυτά μπορεί να θεωρηθούν ως οκταεδρικά που έχουν απομακρυνθεί οι δότες που ήταν στην κατεύθυνση του άξονα z. Ένα ποιοτικό διάγραμμα της σχέσης των τροχιακών του μετάλλου είναι το ακόλουθο.
- Η διαφορά στην ενέργεια των δύο ψηλότερων τροχιακών είναι μεγαλύτερη από την τιμή του αντίστοιχου Δ_o .



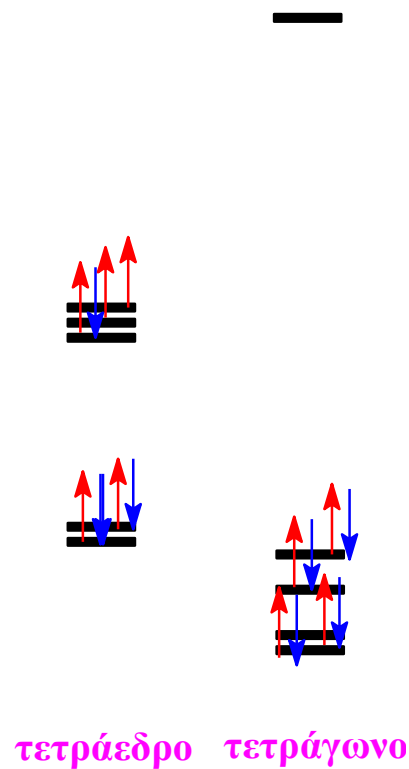
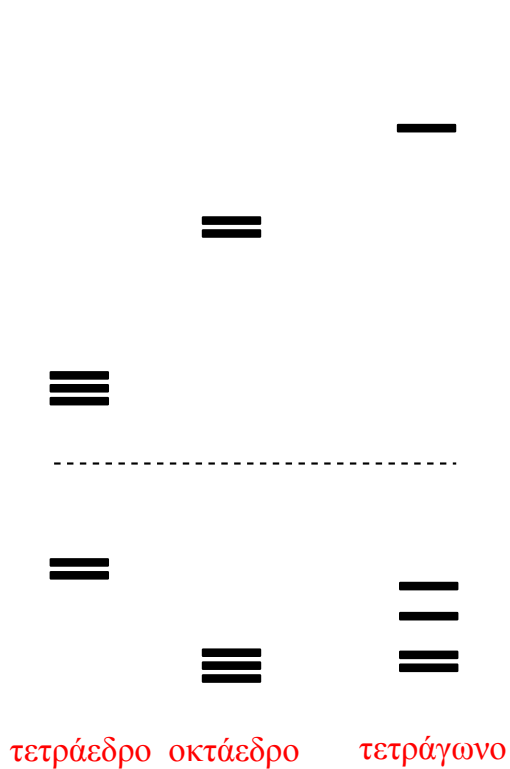
[Ni(PPh₃)₂Cl₂] και [Ni(PPh₃)₂(CN)₂]



- Δύο ενώσεις του δισθενούς νικελίου φαινομενικά ανάλογες. Έχουμε αρ. συναρμογής 4, άρα γεωμετρία είτε τετραεδρική είτε επίπεδη τετραγωνική.
- Το CN^- που εισάγει ισχυρό πεδίο οδηγεί σε υβριδισμό dsp^2 δηλαδή επίπεδου τετραγώνου, ενώ το Br^- που εισάγει ασθενές πεδίο δημιουργεί υβριδισμό sp^3 , τυπικό τετραεδρικό.



Τετράεδρο, τετράγωνο και οκτάγωνο



π- επαναφορά και σταθεροποίηση στα σύμπλοκα

- Εδώ φαίνεται πως μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτή η διαδικασία σε ένα σύμπλοκο φωσφίνης όπου γίνεται χρήση των υψηλής ενέργειας κενών τροχιακών του ατόμου του φωσφόρου. Προσοχή, τα 3d τροχιακά του P είναι αρκετά κοντά ενεργειακά στα 3s, 3p ενώ κάτι τέτοιο δεν ισχύει για τα 3d και τα 2s, 2p του ατόμου του N στις αντίστοιχες αμίνες.

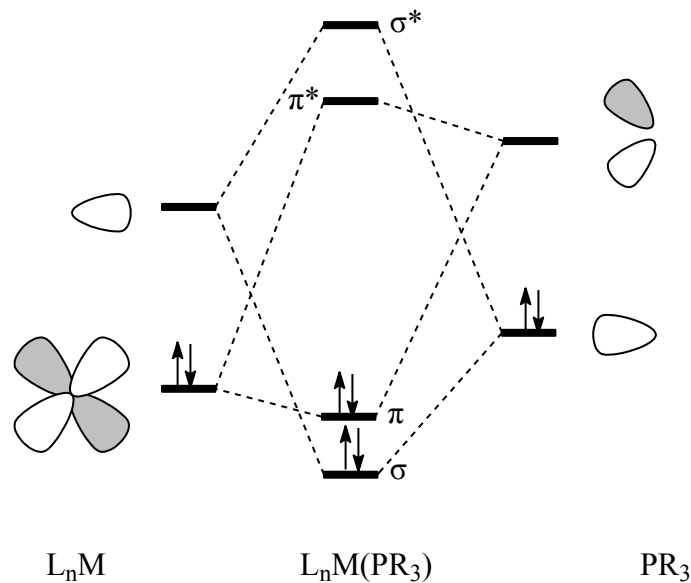


Οκταεδρικό σύμπλοκο του τύπου $M(PR_3)_6$

Σε ένα οκταεδρικό σύμπλοκο του τύπου $M(PR_3)_6$ ποια είναι τα τροχιακά του M που μπορούν να σχηματίσουν δεσμούς π-επιαναφοράς;

Προφανώς πρέπει πρώτον να είναι κατεχόμενα τροχιακά (όχι κενά) και δεύτερον δεν μπορεί να έχουν κατεύθυνση προς τα άτομα P των φωσφινών γιατί τότε θα είχαν λάβει μέρος στον σχηματισμό σ -τύπου δεσμών.

Πρέπει να θυμηθούμε και να «κρατήσουμε» την μορφή των d ατομικών τροχιακών όπως τα έχουμε δει στα πλαίσια του μαθήματος Γενικής Χημείας.



Τροχιακά και π-δεσμοί επαναφοράς

- Είναι προφανές γιατί στο οκτάεδρο σύμπλοκο τα ψηλότερης ενέργειας τροχιακά είναι τα δύο τελευταία. Κατευθύνονται προς τους άξονες, προς τα σημεία από τα οποία έρχονται τα τροχιακά των δοτών με τα ηλεκτρόνιά τους. Άρα στο οκτάεδρο σύμπλοκο δεσμοί π- επαναφοράς μπορούν να σχηματισθούν από τα τρία άλλα τροχιακά.
- Είναι επίσης κατανοητό το γεγονός ότι στα τετραεδρικά σύμπλοκα τα ίδια αυτά τροχιακά βρίσκονται σε χαμηλότερη ενέργεια από τα υπόλοιπα.
- Υπάρχει πρόταση για την παρατήρηση ότι η διαφοροποίηση για το τετραεδρικό σύμπλοκο είναι αρκετά μικρότερη από την αντίστοιχη για το οκτάεδρο;
- Τι θα συνέβαινε αν υπήρχαν δύο σύμπλοκα του ίδιου μετάλλου στην ίδια βαθμίδα οξειδωσης με τον ίδιο δότη, το ένα τετράεδρο και το άλλο οκτάεδρο;



Παράδειγμα $[\text{Mn}(\text{en})_3]^{4+}$ και $[\text{Mn}(\text{en})_2]^{4+}$

- Τα δύο προηγούμενα σύμπλοκα εμφανίζουν στο ορατό φάσμα μία ταινία απορρόφησης, το ένα στα 580 και το άλλο στα 650 nm. Ποιο είναι ποιο, μπορούμε να πούμε;
- Στην φασματοσκοπία ορατού έχουμε ηλεκτρονικές διεγέρσεις. Όταν το ηλεκτρόνιο διεγερθεί, απορροφά ακτινοβολία που έχει ενέργεια όση η διαφορά ενέργειας από την βασική ως την διεγερμένη κατάσταση. Αυτό, ισοδυναμεί με την απόσταση μεταξύ των σταθμών t_{2g} και e_g στο οκτάεδρο και μεταξύ των e και t_2 στο τετραεδρικό σύμπλοκο.
- Αρκεί τώρα να θυμηθούμε την βασική σχέση στην κυματική, δηλαδή
 - $\Delta E = h\nu = hc/\lambda$
- Άρα, μεγαλύτερη διαφοροποίηση σημαίνει απορρόφηση σε μικρότερο μήκος κύματος.



$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ και $[\text{CoF}_6]^{3-}$

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ και $[\text{CoF}_6]^{3-}$ ποιο αναμένεται να απορροφά σε μεγαλύτερο μήκος κύματος;

- Το ασθενές πεδίο του φθορίου σημαίνει ότι δημιουργεί μικρή διαφοροποίηση των τροχιακών του μετάλλου, σε αντίθεση με την μεγαλύτερη διαφοροποίηση που προκαλεί η αμμωνία.
- Αυτό έχει παρατηρηθεί σε μεγάλο εύρος ενώσεων συναρμογής, μεταξύ φθορίου και αμμωνίας αλλά και μεταξύ των περισσότερων από τους κοινούς δότες.
- **Για το λόγο αυτό η σειρά κατάταξής τους ονομάζεται φασματοχημική σειρά.**

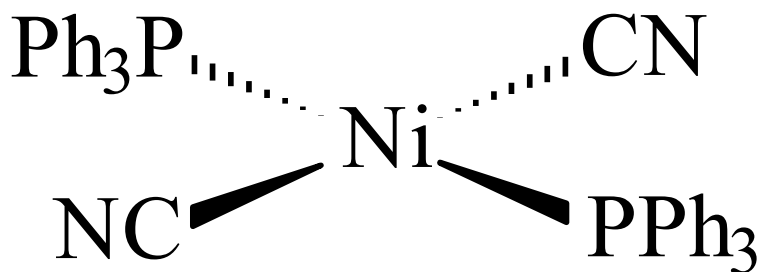




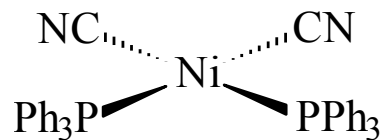
Τύποι Ισομέριες

Ισομερείς Σύμπλοκες Ενώσεις

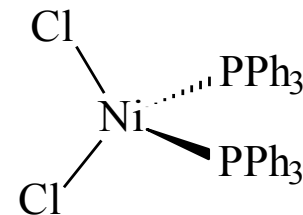
Παράδειγμα Ισομέρειας Ενώσεων Νικελίου



$[\text{Ni}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2]$ τετράεδρο



$[\text{Ni}(\text{PPh}_3)_2(\text{CN})_2]$ τετράγωνο



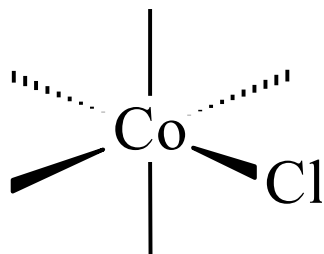
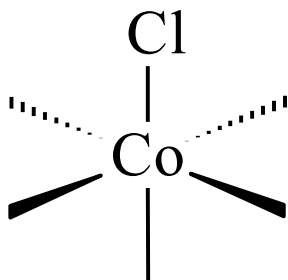
$[\text{Ni}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2]$ και $[\text{Ni}(\text{PPh}_3)_2(\text{CN})_2]$

- Εδώ εμφανίζονται δύο ενώσεις του νικελίου με την ίδια στοιχειομετρία αλλά διαφορετική διάταξη στο χώρο, δηλαδή ισομερείς. Η διαφορά τους βρίσκεται στην γεωμετρική διάταξη άρα έχουν **γεωμετρική ισομέρεια**.
- Είναι ενώσεις τετραγωνικές του τύπου MA_2B_2 . Αν τα δύο A είναι δίπλα-δίπλα, ή ισοδύναμα η γωνία A-M-A είναι ίση με 90° , τότε το ισομερές ονομάζεται **cis-**. Αν τα δύο A είναι απέναντι το ένα στο άλλο και (προφανώς) η γωνία A-M-A είναι ίση με 180° τότε το ισομερές ονομάζεται **trans-**.

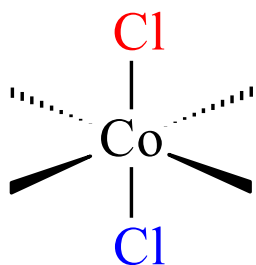


Παράδειγμα $\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^2$

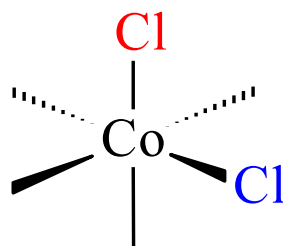
- Οι δύο ενώσεις είναι ταυτόσημες, δεν έχουν καμία διαφορά. Το Cl βρίσκεται απέναντι από μια NH_3 και δίπλα σε άλλες 4.



παράδειγμα $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$



trans-

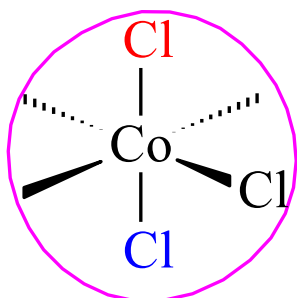


cis-

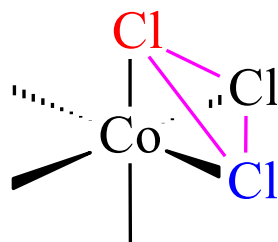
- Υπάρχουν δύο δυνατές διατάξεις, όπου το κυανό Cl τοποθετείται είτε απέναντι (trans) είτε δίπλα (cis) στο ερυθρό Cl που έχει τοποθετηθεί πρώτο.
- Τα δύο αυτά ισομερή υπάρχουν έστω κι αν όλοι οι άλλοι δότες είναι διάφοροι μεταξύ τους, π.χ. στο υποθετικό σύμπλοκο του τύπου $[\text{Co}(\text{NH}_3)(\text{H}_2\text{O})(\text{CO})(\text{CN})\text{Cl}_2]$.



παράδειγμα $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$



mer-

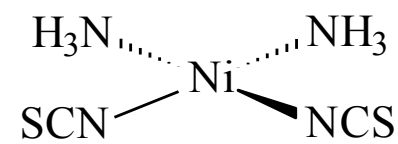
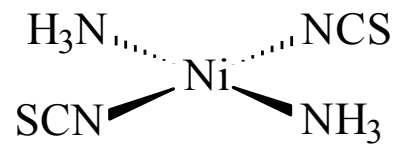
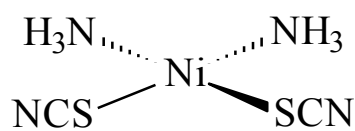
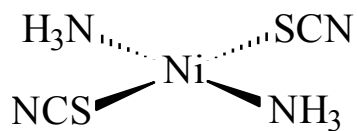


fac-

- Εδώ τα οκταεδρικά σύμπλοκα είναι του τύπου MA_3B_3 . Αν θεωρηθεί ότι το σύμπλοκο εγγράφεται σε μια σφαίρα, τότε στην μεν μία περίπτωση οι τρεις όμοιοι δότες ανήκουν σε έναν «ισημερινό» (meridian), δηλαδή οι δύο είναι *trans*- και ο τρίτος μεταξύ τους, στη μεν άλλη, είναι όλοι *cis*- μεταξύ τους και ορίζουν μία από τις έδρες (face) του οκταέδρου.
- Τα δύο αυτά ισομερή υπάρχουν έστω κι αν όλοι οι άλλοι δότες είναι διάφοροι μεταξύ τους, π.χ. στο υποθετικό σύμπλοκο του τύπου $[\text{Co}(\text{NH}_3)(\text{H}_2\text{O})(\text{CO})\text{Cl}_3]$.



$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_2]$ πιθανά Ισομερή Σύνδεσης



$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_2]$ πιθανά Ισομερή

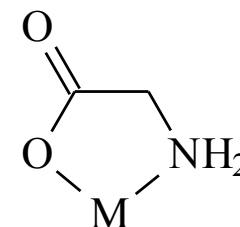
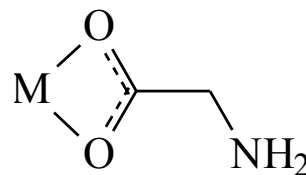
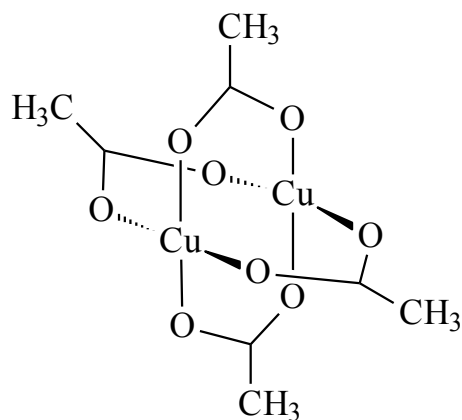
- Για το δισθενές νικέλιο με ηλεκτρονιακή διαμόρφωση $3d^8$ και με αριθμό συναρμογής 4 για το σύμπλοκο, έχουμε πιθανές γεωμετρίες τετραγώνου και τετραέδρου. Αφού είδαμε ότι το τετράγωνο έχει σαφώς μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των δύο ψηλότερων d τροχιακών του μετάλλου, το σύμπλοκο προβλέπεται να είναι τετράγωνο και άρα εμφανίζει δύο γεωμετρικά ισομερή με cis και trans γεωμετρική διάταξη αντίστοιχα.
- **Αρκεί όμως αυτό; Μήπως το ιόν του SCN έχει δυνατότητα να πραγματοποιήσει συναρμογή μέσω του ατόμου του N;**
- Μπορεί να το κάνει αφού για το ιόν μπορούμε να γράψουμε δύο δομές συντονισμού με το αρνητικό φορτίο εντοπισμένο είτε στο ένα είτε στο άλλο άκρο. Η ισομέρεια που εμφανίζεται εδώ (όπως και σε κάθε άλλο πολυδραστικό δότη) είναι **ισομέρεια σύνδεσης**.
- Προφανώς λοιπόν, αν δεν υπάρχει κάποιος άλλος λόγος προτίμησης για κάτι, για την ένωση αυτή έχουμε πιθανότητα ύπαρξης τεσσάρων ισομερών που ανά δύο θα είναι γεωμετρικά ισομερή και ανά δύο ισομερή σύνδεσης του θειοκυανιούχου ιόντος



Η ισομέρεια δηλώνεται στην παράσταση του συμπλόκου

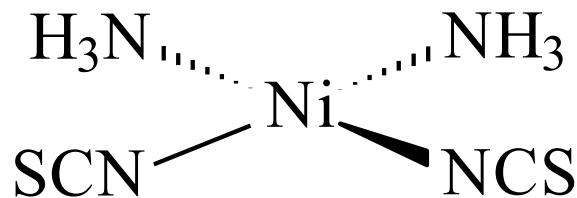
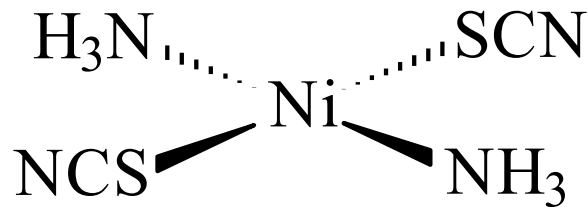
Tetrakis(μ-acetato)dicopper

(glycinato-O,O') (glycinato-O,N)



Η ισομέρεια δηλώνεται στην παράσταση του συμπλόκου

- Trans-
(diamminobis(thiocyanato-S)nickel(II))



- Cis-
(diamminobis(thiocyanato-N)nickel(II))



Κατανομή των ηλεκτρονίων στα τροχιακά του μετάλλου

- Με βάση τις γνωστές αρχές, δηλαδή τον κανόνα του Hund και την αρχή του Pauli.
- Καταρχήν σε κάθε τροχιακό μπορούν να τοποθετηθούν το πολύ δύο ηλεκτρόνια και αυτά θα έχουν αναγκαστικά αντιπαράλληλο σπιν (α και β ή \uparrow και \downarrow αντίστοιχα).
- Επίσης, στις εκφυλισμένες καταστάσεις, όταν υπάρχουν, τα ηλεκτρόνια κατανέμονται το καθένα σε ξεχωριστό τροχιακό και με παράλληλο σπιν προς τα προηγούμενα, έτσι ώστε το σύστημα να έχει την μέγιστη τιμή του σπιν.



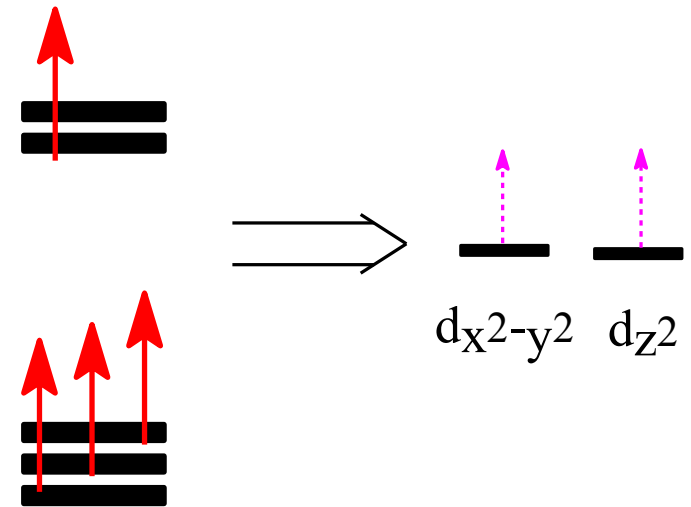
Εξαίρεση στον κανόνα του Hund και την αρχή του Pauli

- Στον πρώτο καμία. Στον δεύτερο υπάρχει η περίπτωση των συμπλόκων χαμηλού σπιν, δηλαδή εκείνων όπου οι δότες είναι ισχυρού πεδίου. Το ισχυρό πεδίο αναγκάζει τα ηλεκτρόνια να διαταχθούν σε ζεύγη, επειδή η διαφοροποίηση μεταξύ των υπο-σταθμών που δημιουργούνται είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια σύζευξης των ηλεκτρονίων.



Κατανομή των ηλεκτρονίων στα d τροχιακά ενός μεταλλικού ιόντος

- Τα δύο αυτά τροχιακά δεν είναι ταυτόσημα. Θυμηθείτε την διευθέτησή τους στο χώρο. Το ένα είναι στον άξονα z και το άλλο στο επίπεδο xy. Το ηλεκτρόνιο θα μπορούσε να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε τροχιακό (κανόνας του Hund), άρα έχει ίση πιθανότητα να βρεθεί σε καθένα από τα δύο τροχιακά.



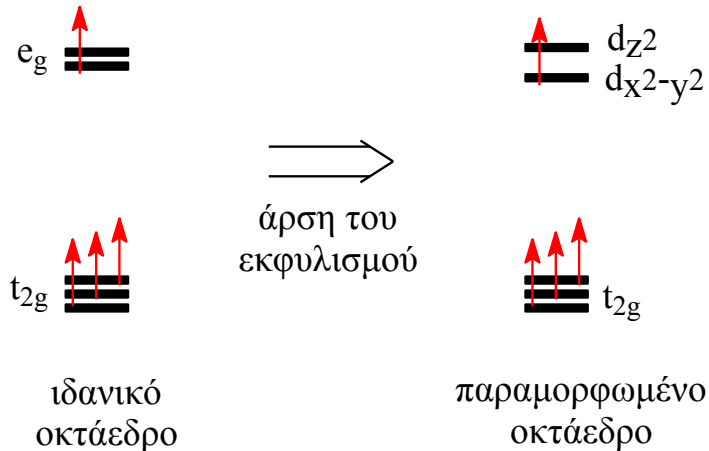
Μετακίνηση ηλεκτρονίων μεταξύ τροχιακών

- Μια μετακίνηση του ηλεκτρονίου μεταξύ των δύο αυτών τροχιακών σημαίνει την εμφάνιση ηλεκτρικού ρεύματος στην περιοχή του συγκεκριμένου ατόμου.
- Αυτό σημαίνει ένα τοπικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και κατά συνέπεια ενεργειακές απώλειες για το σύστημα.
- Το πρόβλημα αίρεται με την δημιουργία μιας ανισοτιμίας μεταξύ των δύο αρχικά εκφυλισμένων ενεργειακών καταστάσεων. Αυτή η ανισοτιμία, πρώτον μεν συνεισφέρει στην μείωση της ολικής ενέργειας του συστήματος, δεύτερον δημιουργεί μια «προτίμηση» για την κατάληψη του χαμηλότερης ενέργειας τροχιακού από το ηλεκτρόνιο.



Φαινομένου Jahn-Teller

- Σχηματική παράσταση του **φαινομένου Jahn-Teller**. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το ηλεκτρόνιο τοποθετείται στο χαμηλότερης ενέργειας τροχιακό $d_{x^2-y^2}$. Αυτό σημαίνει ότι το τροχιακό αυτό έχει σταθεροποιηθεί κάπως σε σχέση με το άλλο «πρώην ισότιμό του» άρα τα ligands που κατευθύνονταν προς αυτό βρίσκονται τώρα λίγο μακρύτερα σε σχέση με εκείνα που κατευθύνονται προς το d_{z^2} τροχιακό.



Φασματοσκοπικός όρος

- Το σύμπλοκο έπαψε να είναι ιδανικό οκταεδρικό και στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει μετατραπεί σε τετραγωνικά παραμορφωμένο. Η παραμόρφωση αυτή συγκεκριμένα είναι συμπίεση. Η αντίστροφη διάταξη των e_g τροχιακών θα οδηγούσε σε επιμήκυνση. Στο παράδειγμα, υπήρχε προβληματισμός για την τοποθέτηση ενός ηλεκτρονίου, στην χαμηλότερη ή ψηλότερη ενεργειακή κατάσταση. Αν υπάρχουν περισσότερα ηλεκτρόνια που μπορεί να τοποθετηθούν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο τι γίνεται; Όπως και στο παράδειγμα, διακρίνονται περιπτώσεις. Στη συνέχεια, για κάθε επιμέρους κατανομή υπολογίζονται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ηλεκτρονίων που κατέχουν τα διάφορα τροχιακά και γίνεται μια εκτίμηση για την ενέργεια της συνολικής κατάστασης που περιγράφει την ολική ηλεκτρονιακή κατανομή.
- Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν διάφορες κατανομές που εμφανίζουν ενέργειες σε πολύ στενή περιοχή. Αυτές οι επιμέρους ηλεκτρονιακές κατανομές «συγκεντρώνονται» σε μια ομάδα που ονομάζεται **φασματοσκοπικός όρος**. Για κάθε μεταλλικό ιόν υπάρχουν περισσότεροι από ένας φασματοσκοπικοί όροι. Εκείνος με την χαμηλότερη ενέργεια είναι ο βασικός φασματοσκοπικός όρος για το συγκεκριμένο ιόν.





Πλήρης θεωρία δεσμού στις Σύμπλοκες Ενώσεις

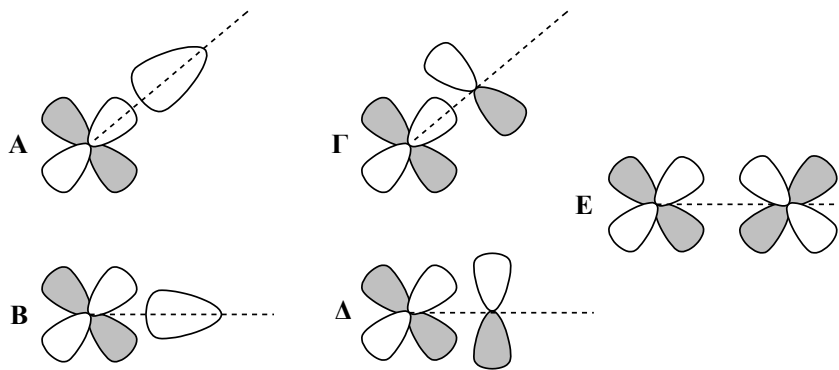
Θεωρία δεσμού στις ενώσεις συναρμογής

- Υπάρχει μια «πλήρης» θεωρία για την περιγραφή του δεσμού στις ενώσεις συναρμογής;

Υπάρχει, όπως ακριβώς και για την περιγραφή του δεσμού στις τυπικές ενώσεις των στοιχείων της 2ης περιόδου του πίνακα περιοδικότητας. Είναι μια επέκταση της θεωρίας των ατομικών τροχιακών, η γνωστή θεωρία των μοριακών τροχιακών. Εδώ, συμμετέχουν στο σχηματισμό των δεσμών (μέσω επικάλυψης με τροχιακά των άλλων ατόμων) και τα d τροχιακά του κεντρικού μετάλλου, στην περίπτωση που αυτό ανήκει στον τομέα D του πίνακα περιοδικότητας.



Σχηματική παράσταση της επικάλυψης ενός d ατομικού

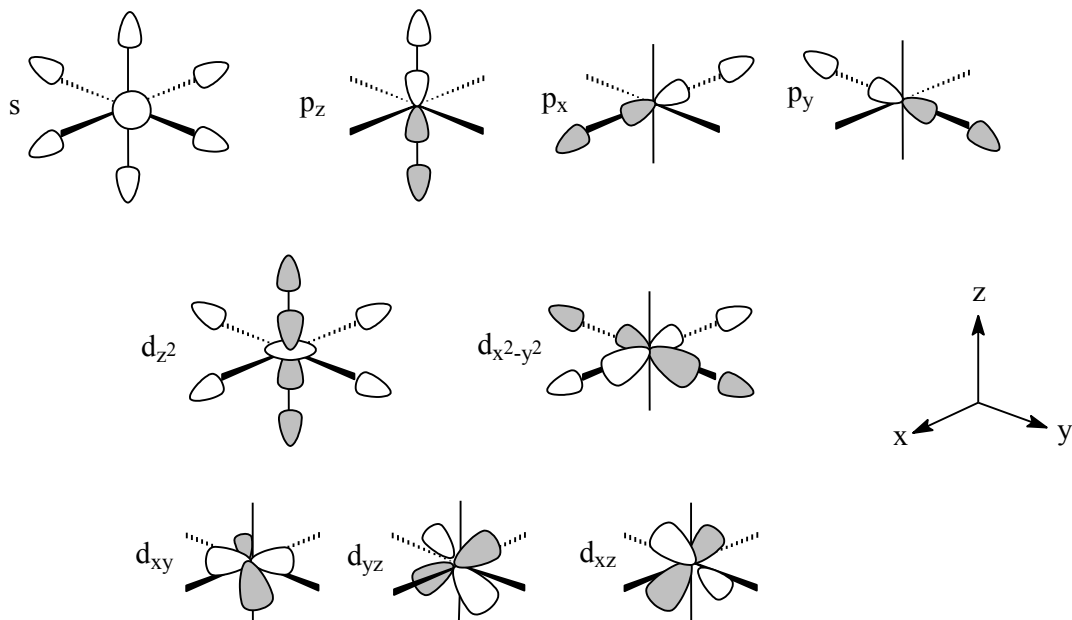


- Σχηματική παράσταση της επικάλυψης ενός d ατομικού τροχιακού του κεντρικού μετάλλου με s, p d ατομικά τροχιακά των δοτών. Δεσμός αναμένεται να σχηματίζεται στις περιπτώσεις
 - A (σ - δεσμός),
 - Δ (π -δεσμός) και
 - E (π -δεσμός που χαρακτηρίζεται ως dπ-ρπ).
 - Ο άξονας του δεσμού παριστάνεται με την διακεκομμένη γραμμή.



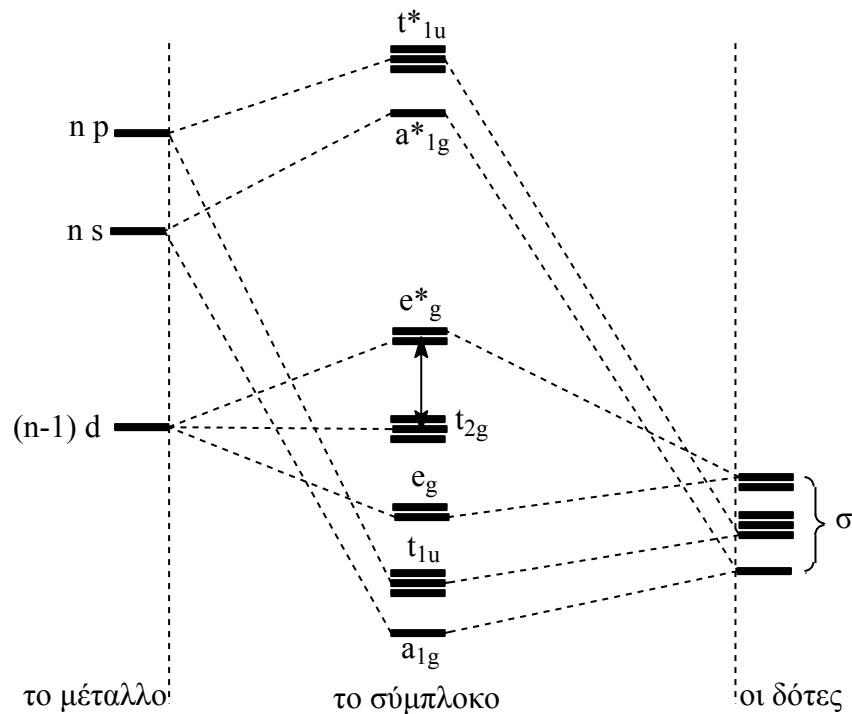
Οκτάεδρο Σύμπλοκο

- Σχηματική παράσταση των ατομικών τροχιακών ενός μετάλλου που σχηματίζει οκταεδρικό σύμπλοκο. Σε κάθε περίπτωση παριστάνονται και οι λοβοί των τροχιακών των δοτών που θα αλληλεπιδράσουν για τον σχηματισμό δεσμού.



Μοριακά Τροχιακά σε οκτάεδρο σύμπλοκο

- Σχηματική παράσταση των μοριακών τροχιακών σε ένα οκταεδρικό σύμπλοκο όπου σχηματίζονται οι έξι σ- δεσμοί. Είναι εμφανής ο αδεσμικός χαρακτήρας των t_{2g} τροχιακών



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά [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».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειουδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

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





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Άννα Μάντη>
Θεσσαλονίκη, <Δεκέμβριος 2014>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

