

# ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

## Α' ΕΞΑΜΗΝΟ



**Σύμπλοκες Ενώσεις**  
**και η καθοριστική σημασία τους στη**  
**γεωργία και τη ζωή.**

Διδάσκων : ΔΑΦΝΟΜΗΛΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

Διάλεξη 9η

Κεφ. 9 Λυδάκης  
Κεφ 17 -Ebbing



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



● ΠΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ ΤΑ  
ΣΥΜΠΛΟΚΑ ΑΛΑΤΑ

● ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ

● ΧΗΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ  
ΔΕΣΜΟΙ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ

● ΣΘΕΝΟΣ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ -  
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

● ΤΟ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ  
ΤΩΝ ΧΗΛΙΚΩΝ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ

● ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ  
ΧΗΛΙΚΩΝ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ

● ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ  
ΧΗΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

● ΠΩΣ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΝΤΑΙ ΟΙ  
ΣΥΜΠΛΟΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ  
ΤΑ ΣΥΜΠΛΟΚΑ ΙΟΝΤΑ

● ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ  
ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΚΑ  
ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

● ΟΙ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΩΝ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ  
'ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ' &  
'ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ'

● ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ  
ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ  
ΤΩΝ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ

● ΧΗΛΙΚΟΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΕΣ  
ΜΕ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ

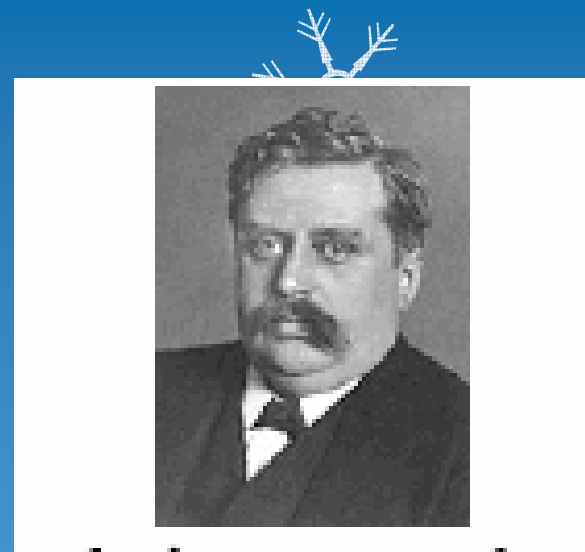
● ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ  
ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

● ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ pH ΓΙΑ  
ΣΥΜΠΛΟΚΟΠΟΙΗΣΗ  
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

## The Nobel Prize in Chemistry 1913

**Alfred Werner** (University of Zurich, Switzerland)

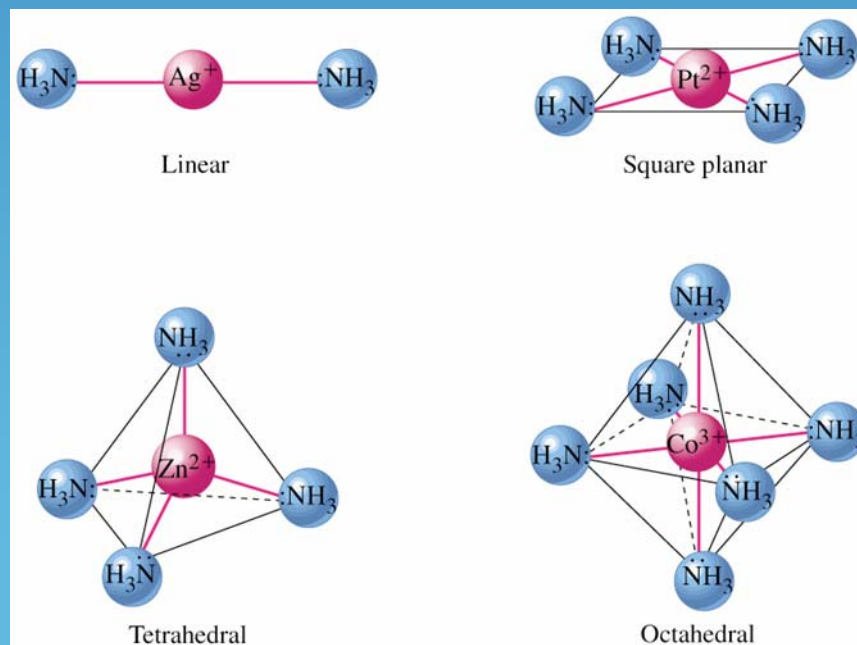
**"in recognition of his work on the linkage of atoms in molecules by which he has thrown new light on earlier investigations and opened up new fields of research especially in inorganic chemistry"**



**Ενώσεις συναρμογής ή σύμπλοκα** Μπορεί να θεωρηθεί κάθε σταθερή ομάδα μορίων ή ιόντων, που σχηματίζεται όταν ένα μεταλλικό ιόν συνδέεται απευθείας με ορισμένο αριθμό ιόντων ή ουδέτερων μορίων. **(υποκαταστάτες)**

. Τα σύμπλοκα ιόντα μπορεί είναι φορτισμένα π.χ.  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$

**Σφαίρα συναρμογής** : το μέρος του χώρου που περιέχει το μέταλλο και τους υποκαταστάτες



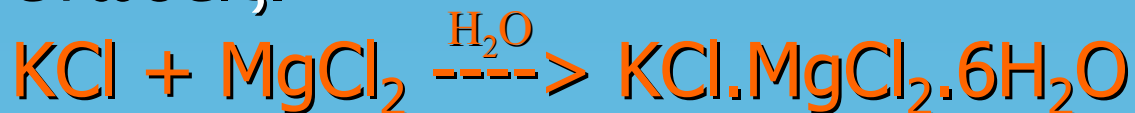
# ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝΤΑΙ ΤΑ ΣΥΜΠΛΟΚΑ ΑΛΑΤΑ

Είναι δυνατό δύο ή περισσότερες ενώσεις με ιδιαίτερες ή κάθε μια χημικές ιδιότητες να αντιδράσουν και να δώσουν σύμπλοκη ένωση, με ιδιότητες εντελώς διαφορετικές από αυτές των αρχικών ουσιών.

Π.χ.



Αφορά την τάση ορισμένων χημικών ενώσεων να αντιδρούν μεταξύ τους για να δώσουν πολυπλοκότερες ενώσεις.



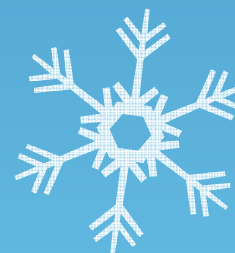
## Υποκαταστάτης-ligand :

♦ μπορεί να είναι ιόν ή μόριο ή άτομο που ενώνεται με το κεντρικό μέταλλο

♦ Ο αριθμός Υποκαταστατών = Αυστηρά καθορισμένος και εξαρτάται από τη φύση των Μετάλλου και από τη φύση των υποκαταστατών

♦ Ο αριθμός Υποκαταστατών που βρίσκεται σε συναρμογή με το κεντρικό μεταλλικό ιόν =

♦ Αριθμός Συναρμογής ή Αριθμός Μοριακής Σύνταξης (**Coordination Number**).



# ΠΩΣ ΚΑΤΑΝΟΟΥΜΕ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ

π.χ. στην αντίδραση



Στην ανάλυση των προϊόντων ανιχνεύουμε  $1 \text{ K}^+$ ,  $3 \text{ Cl}^-$ ,  $1 \text{ Mg}^{2+}$

Ενώ στην



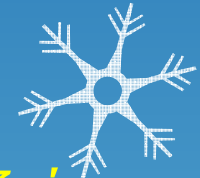
Ανιχνεύουμε  $\text{K}^+$  αλλά όχι  $\text{Fe}^{2+}$  ούτε  $\text{CN}^-$ . Αντί αυτών εμφανίζεται 1 νέο πιο σύνθετο ιόν με διαφορετική συμπεριφορά και δικό του σθένος αλλά και με άλλες διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες π.χ. ωσμωτική π, ηλεκτρική αγωγιμότητα κ.ά. Δηλαδή έχουμε σχηματισμό ενός συνθετότερου ιόντος .



# ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ



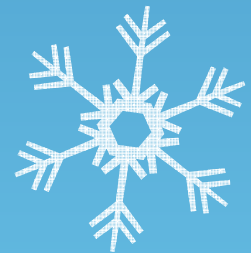
Οι υποκαταστάτες ανάλογα με τον αριθμό των ζευγών  $e^-$  που αποδίδουν στο Μετάλλο ονομάζονται



Μονοδοντικοί (Unidentate) Υποκαταστάτες = αποδίδουν ένα ζεύγος  $e^-$

Διδοντικοί (Bidentate) Υποκαταστάτες = αποδίδουν 2 ζεύγη  $e^-$

Πολυδοντικοί (Multidentate) Υποκαταστάτες = αποδίδουν > από 2 ζεύγη  $e^-$

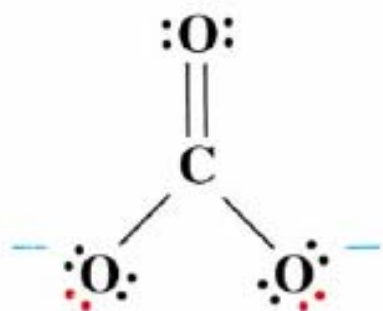


# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΩΝ

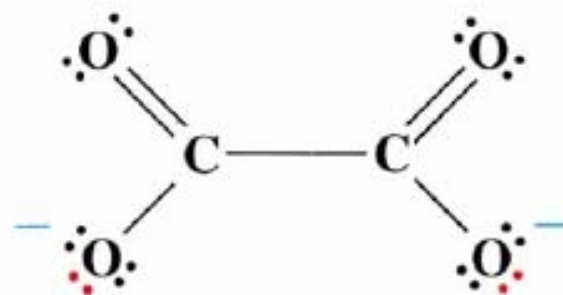
| TABLE 19-1        |                      | Common Monodentate Ligands and Their Names |  |
|-------------------|----------------------|--------------------------------------------|--|
| Ligand            | Formula              | Name                                       |  |
| Fluoride ion      | $\text{:F}^-$        | Fluoro                                     |  |
| Chloride ion      | $\text{:Cl}^-$       | Chloro                                     |  |
| Nitrite ion       | $\text{:NO}_2^-$     | Nitro                                      |  |
|                   | $\text{:ONO}^-$      | Nitrito                                    |  |
| Carbonate ion     | $\text{:OCO}_2^{2-}$ | Carbonato                                  |  |
| Cyanide ion       | $\text{:CN}^-$       | Cyano                                      |  |
| Thiocyanate ion   | $\text{:SCN}^-$      | Thiocyanato                                |  |
|                   | $\text{:NCS}^-$      | Isothiocyanato                             |  |
| Hydride ion       | $\text{:H}^-$        | Hydrido                                    |  |
| Oxide ion         | $\text{:O}^{2-}$     | Oxido                                      |  |
| Hydroxide ion     | $\text{:OH}^-$       | Hydroxo                                    |  |
| Water             | $\text{:OH}_2$       | Aqua                                       |  |
| Ammonia           | $\text{:NH}_3$       | Ammine                                     |  |
| Carbon monoxide   | $\text{:CO}$         | Carbonyl                                   |  |
| Nitrogen monoxide | $\text{:NO}$         | Nitrosyl                                   |  |

The ligating atom is indicated by a pair of red dots representing a lone pair of electrons. In the  $\text{CO}_3^{2-}$  ligand, either one or two of the oxygen atoms can donate a lone pair to the metal.

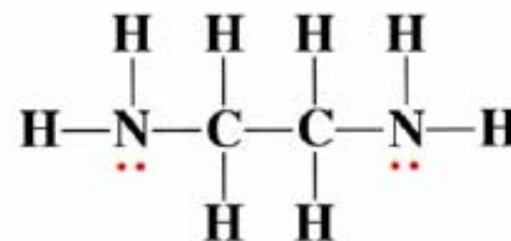
## Lewis Structures for Some Multidentate Ligands



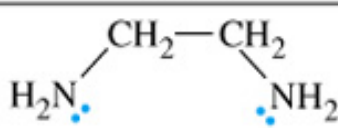
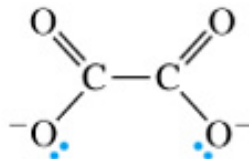
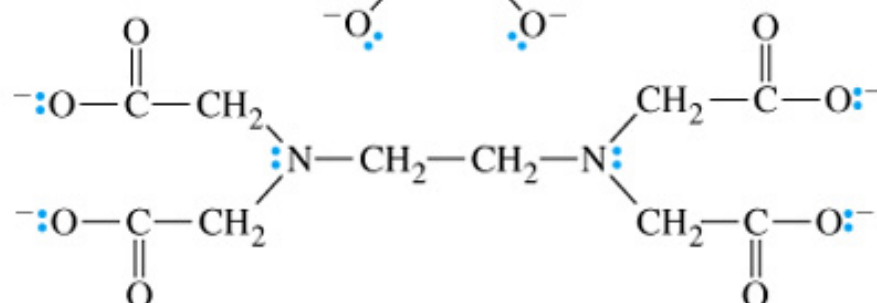
Carbonate ion,  
 $\text{CO}_3^{2-}$



Oxalate ion,  
 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$



Ethylenediamine,  
 $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

| Abbreviation       | Name                        | Formula                                                                              |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| en                 | Ethylenediamine             |   |
| ox <sup>2-</sup>   | Oxalato                     |   |
| EDTA <sup>4-</sup> | Ethylenediaminetetraacetato |  |

# ΠΩΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕ ΤΙΣ ΣΥΜΠΛΟΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ LEWIS ΚΑΙ ΠΟΙΟΙ ΟΙ ΔΕΣΜΟΙ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ

Τα ιόντα των μετάλλων με βάση τη θεωρία του Lewis συμπεριφέρονται ως οξέα  $Me \rightleftharpoons Me^{+\delta} + \delta e^{-}$

Δηλαδή τα  $Me^{+\delta} \rightarrow$  λήπτες  $e^{-}$   $===>$

Αυτό του δίνει τη δυνατότητα για τη ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ με άλλα μόρια/ιόντα που μπορούν να δώσουν

1 ή περισσότερα ζεύγη  $e^{-}$ .

(ΣΥΝΗΘΩΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΑΠΤΩΣΗΣ ή ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ, βλ. ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ)

# ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ή ΜΕΤΑΠΤΩΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα **38** στοιχεία από τις ομάδες 3 έως και τη 12 του Π.Π., ονομάζονται "μεταβατικά ή μεταπτώτικα στοιχεία" ("transition metals"). Όπως όλα τα μέταλλα έτσι και τα μεταβατικά στοιχεία αυτά είναι ελατά και όλκιμα όπως και καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και της θερμότητας. **Το ενδιαφέρον για τα μεταβατικά στοιχεία είναι ότι εμφανίζουν διάφορους αριθμούς οξείδωσης**

2

### III<sub>B</sub>

## IV<sub>B</sub>

 $V_B$ 

$V$   
 $I_B$

**I<sub>B</sub>**

VIII

 $I_B$ 

## II<sub>B</sub>

### III<sub>A</sub>

#### IV<sub>A</sub>



VI V

18



|          |          |          |          |          |        |          |        |          |         |
|----------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|--------|----------|---------|
| 44.9559  | 47.88    | 50.9415  | 51.9961  | 54.9381  | 55.847 | 58.9332  | 58.69  | 63.546   | 65.39   |
| Sc       | Ti       | V        | Cr       | Mn       | Fe     | Co       | Ni     | Cu       | Zn      |
| 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26     | 27       | 28     | 29       | 30      |
| 88.9059  | 91.224   | 92.9064  | 95.94    | 98.9063  | 101.07 | 102.9055 | 106.42 | 107.8682 | 112.411 |
| Y        | Zr       | Nb       | Mo       | Tc       | Ru     | Rh       | Pd     | Ag       | Cd      |
| 39       | 40       | 41       | 42       | 43       | 44     | 45       | 46     | 47       | 48      |
| 138.9055 | 178.49   | 180.9476 | 183.85   | 186.207  | 190.2  | 192.22   | 195.08 | 196.9665 | 200.59  |
| La       | Hf       | Ta       | W        | Re       | Os     | Ir       | Pt     | Au       | Hg      |
| 57       | 72       | 73       | 74       | 75       | 76     | 77       | 78     | 79       | 80      |
| 227.0277 | 261.1087 | 262.1138 | 263.1182 | 262.1229 |        |          |        |          |         |
| Ac       | Rf/Ku    | Ha       | Sg       | Ns       | Hs     | Mt       |        |          |         |
| 89       | 104      | 105      | 106      | 107      | 108    | 109      | 110    | 111      |         |

|                               |                               |                                |                                |                                |                                  |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 13<br>10.811<br><b>B</b><br>5 | 14<br>12.011<br><b>C</b><br>6 | 15<br>14.0067<br><b>N</b><br>7 | 16<br>15.9994<br><b>O</b><br>8 | 17<br>18.9984<br><b>F</b><br>9 | 18<br>20.1797<br><b>Ne</b><br>10 |
| 26.9815<br><b>Al</b><br>13    | 28.0855<br><b>Si</b><br>14    | 30.9738<br><b>P</b><br>15      | 32.066<br><b>S</b><br>16       | 35.4527<br><b>Cl</b><br>17     | 39.948<br><b>Ar</b><br>18        |
| 69.723<br><b>Ga</b><br>31     | 72.61<br><b>Ge</b><br>32      | 74.9216<br><b>As</b><br>33     | 78.96<br><b>Se</b><br>34       | 79.904<br><b>Br</b><br>35      | 83.80<br><b>Kr</b><br>36         |
| 114.82<br><b>In</b><br>49     | 118.710<br><b>Sn</b><br>50    | 121.75<br><b>Sb</b><br>51      | 127.60<br><b>Te</b><br>52      | 126.9045<br><b>I</b><br>53     | 131.29<br><b>Xe</b><br>54        |
| 204.3833<br><b>Tl</b><br>81   | 207.2<br><b>Pb</b><br>82      | 208.9804<br><b>Bi</b><br>83    | 208.9804<br><b>Po</b><br>84    | 209.9871<br><b>At</b><br>85    | 222.0176<br><b>Rn</b><br>86      |

## Ακτινίδες

|            |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>a</b>   | 140.115   | 140.9077  | 144.24    | 146.9151  | 150.36    | 151.965   | 157.25    | 158.9253  | 162.50    | 164.9303  | 167.26    | 168.9342  | 173.04    | 174.967   |
| <b>n=6</b> | <b>Ce</b> | <b>Pr</b> | <b>Nd</b> | <b>Pm</b> | <b>Sm</b> | <b>Eu</b> | <b>Gd</b> | <b>Tb</b> | <b>Dy</b> | <b>Ho</b> | <b>Er</b> | <b>Tm</b> | <b>Yb</b> | <b>Lu</b> |
|            | 58        | 59        | 60        | 61        | 62        | 63        | 64        | 65        | 66        | 67        | 68        | 69        | 70        | 71        |
| <b>b</b>   | 232.0381  | 231.0359  | 238.0289  | 237.0482  | 244.0642  | 243.0614  | 247.0703  | 247.0703  | 251.0786  | 252.0829  | 257.0951  | 258.0986  | 259.1009  | 260.105   |
| <b>n=7</b> | <b>Th</b> | <b>Pa</b> | <b>U</b>  | <b>Np</b> | <b>Pu</b> | <b>Am</b> | <b>Cm</b> | <b>Bk</b> | <b>Cf</b> | <b>Es</b> | <b>Fm</b> | <b>Md</b> | <b>No</b> | <b>Lr</b> |
|            | 90        | 91        | 92        | 93        | 94        | 95        | 96        | 97        | 98        | 99        | 100       | 101       | 102       | 103       |

# ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΗΜ. ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 18

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Ατομικά βάρη βασισμένα στη μάζα του κυριότερου ισότοπου του άνθρακα,  $^{12}\text{C}=12$

$\text{CO}, \text{CN}^-, \text{NH}_3, \text{NO}_2^-$   
 $\text{N}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-$   
 $\text{PX}_3 (\text{X} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br})$   
 $\text{SCN}^-, \text{AsCl}_3$   
 κ.α.

ΜΟΝΑ. ΤΟΝΣ.

| IA                 | II A               | Μέταλλα           |                    |                    |                   |                   |                   |                    |                    |                     |                    | Αμέταλλα           |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |  |  | VIII A           |
|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|--|------------------|
| 1<br>H<br>1,0080   |                    |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                    |                    |                     |                    | LIGANDS. ↓         |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |  |  | 2<br>He<br>4,003 |
| 3<br>Li<br>6,939   | 4<br>Be<br>9,012   |                   |                    |                    |                   |                   |                   |                    |                    |                     |                    | III A              | IV A               | V A                | VI A               | VII A              | 10<br>Ne<br>20,183 |                    |                    |  |  |                  |
| 11<br>Na<br>22,990 | 12<br>Mg<br>24,31  | III B             | IV B               | V B                | VI B              | VII B             | VII B             |                    |                    |                     |                    | I B                | II B               | 13<br>Al<br>26,98  | 14<br>Si<br>28,09  | 15<br>P<br>30,974  | 16<br>S<br>32,064  | 17<br>Cl<br>35,453 | 18<br>Ar<br>39,948 |  |  |                  |
| 19<br>K<br>39,102  | 20<br>Ca<br>40,08  | 21<br>Sc<br>44,96 | 22<br>Ti<br>47,90  | 23<br>V<br>50,94   | 24<br>Cr<br>52,00 | 25<br>Mn<br>54,94 | 26<br>Fe<br>55,85 | 27<br>Co<br>58,93  | 28<br>Ni<br>58,71  | 29<br>Cu<br>63,54   | 30<br>Zn<br>65,37  | 31<br>Ga<br>69,72  | 32<br>Ge<br>72,59  | 33<br>As<br>74,92  | 34<br>Se<br>78,96  | 35<br>Br<br>79,909 | 36<br>Kr<br>83,80  |                    |                    |  |  |                  |
| 37<br>Rb<br>85,47  | 38<br>Sr<br>87,62  | 39<br>Y<br>88,91  | 40<br>Zr<br>91,22  | 41<br>Nb<br>92,91  | 42<br>Mo<br>95,94 | 43<br>Tc<br>(99)  | 44<br>Ru<br>101,1 | 45<br>Rh<br>102,90 | 46<br>Pd<br>106,4  | 47<br>Ag<br>107,870 | 48<br>Cd<br>112,40 | 49<br>In<br>114,82 | 50<br>Sn<br>118,69 | 51<br>Sb<br>121,75 | 52<br>Te<br>127,60 | 53<br>I<br>126,90  | 54<br>Xe<br>131,30 |                    |                    |  |  |                  |
| 55<br>Cs<br>132,91 | 56<br>Ba<br>137,34 | 57<br>έως<br>71   | 72<br>Hf<br>178,49 | 73<br>Ta<br>180,95 | 74<br>W<br>183,85 | 75<br>Re<br>186,2 | 76<br>Os<br>190,2 | 77<br>Ir<br>192,2  | 78<br>Pt<br>195,09 | 79<br>Au<br>197,0   | 80<br>Hg<br>200,59 | 81<br>Tl<br>204,37 | 82<br>Pb<br>207,19 | 83<br>Bi<br>208,98 | 84<br>Po<br>(210)  | 85<br>At<br>(210)  | 86<br>Rn<br>(222)  |                    |                    |  |  |                  |
| 87<br>Fr<br>(223)  | 88<br>Ra<br>226,05 | 89<br>έως<br>103  |                    |                    |                   |                   |                   |                    |                    |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |  |  |                  |

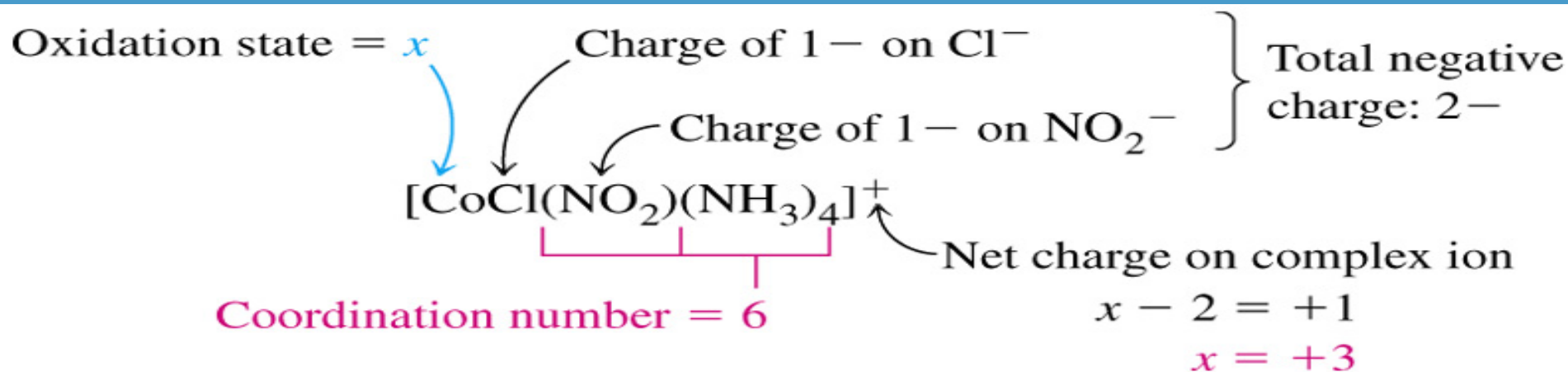
|         |                     |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|---------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Σπάνιας | Σειρά<br>Λανθανιδών | 57<br>La<br>138,91 | 58<br>Ce<br>140,12 | 59<br>Pr<br>140,91 | 60<br>Nd<br>144,24 | 61<br>Pm<br>(147) | 62<br>Sm<br>150,35 | 63<br>Eu<br>151,96 | 64<br>Gd<br>157,25 | 65<br>Tb<br>158,92 | 66<br>Dy<br>162,50 | 67<br>Ho<br>164,93 | 68<br>Er<br>167,26 | 69<br>Tm<br>168,93 | 70<br>Yb<br>173,04 | 71<br>Lu<br>174,97 |
| Υαίες   | Σειρά<br>Ακτινιδών  | 89<br>Ac<br>(227)  | 90<br>Th<br>232,04 | 91<br>Pa<br>(231)  | 92<br>U<br>238,03  | 93<br>Np<br>(237) | 94<br>Pu<br>(242)  | 95<br>Am<br>(243)  | 96<br>Cm<br>(247)  | 97<br>Bk<br>(249)  | 98<br>Cf<br>(251)  | 99<br>Es<br>(254)  | 100<br>Fm<br>(253) | 101<br>Md<br>(256) | 102<br>No<br>(254) | 103<br>Lw<br>(257) |

ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤ. ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΟΛΥΜΕΝΟΥ ΔΕΣΜΟΥ Me-Ligand.  
 $\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Cr}^{3+}$  κ.α ΜΕΡΙΚΟΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΕΝΑ d ΤΡΟΧΙΑΚΑ.  
 LIGANDS.

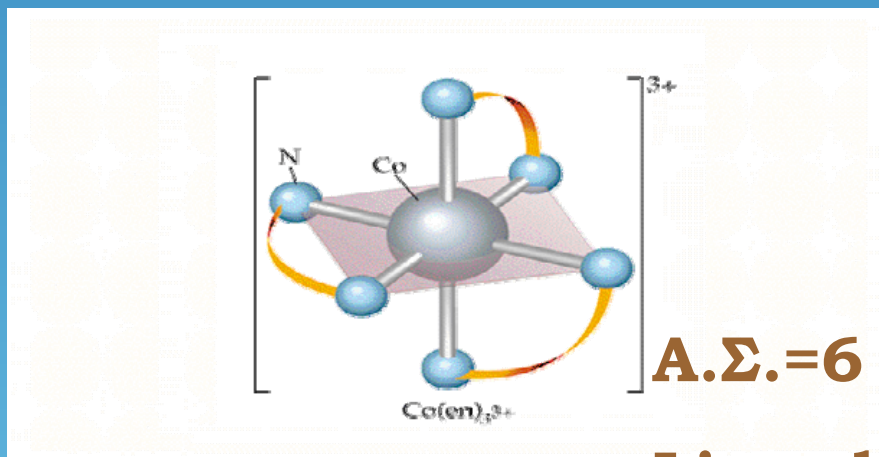
**Φορτίο σύμπλοκου ιόντος : φορτίο μετάλλου + φορτίο ligand**

**αριθμός συναρμογής : αριθμός των ligand που είναι ενωμένος με το μέταλλο .**

- Οι πιο συνηθισμένοι αριθμοί συναρμογής είναι 4 και 6.



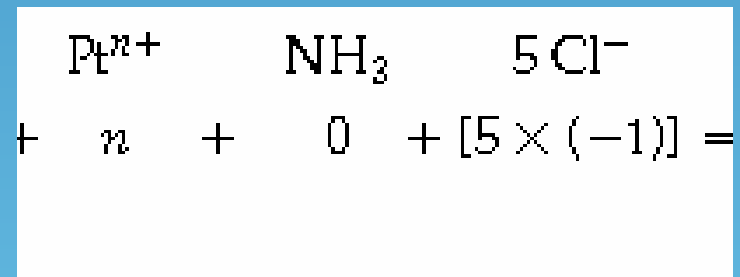
Άσκηση:  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-2}$  ,  $\text{K}[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CN})_4]$



**Ligand : ethylenediamine  
(διδοντικός)**

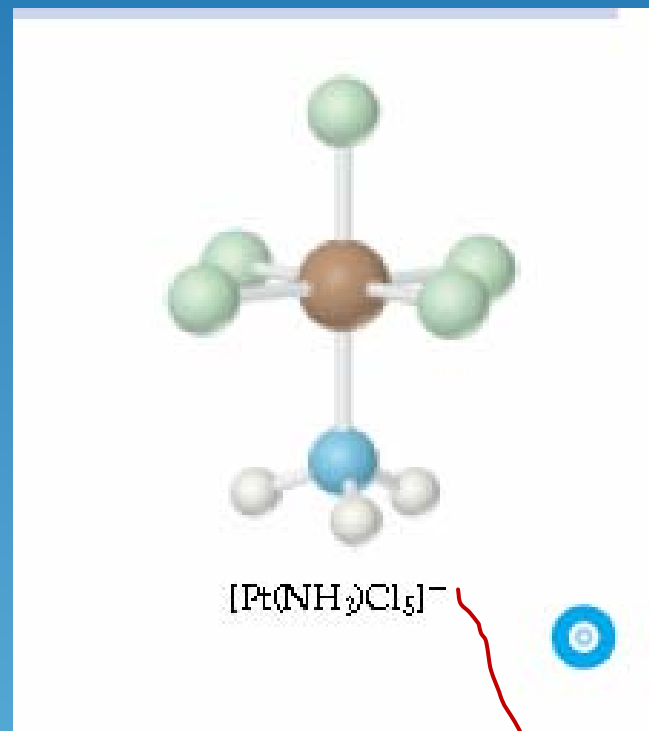
**Φορτίο συμπλόκου : +3**

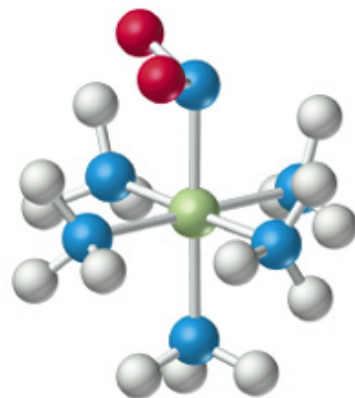
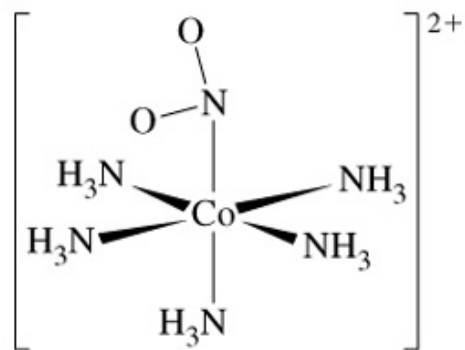
| Coordination number | Geometry                                |
|---------------------|-----------------------------------------|
| 2                   | <p>Linear</p>                           |
| 4                   | <p>Tetrahedral</p> <p>Square planar</p> |
| 6                   | <p>Octahedral</p>                       |



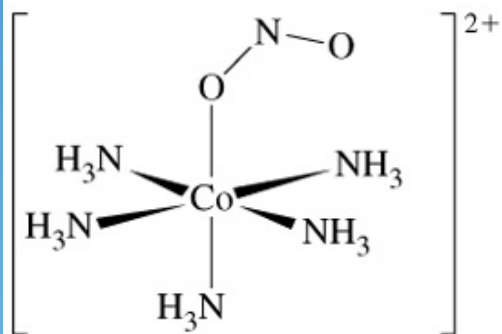
-1

Pt=?





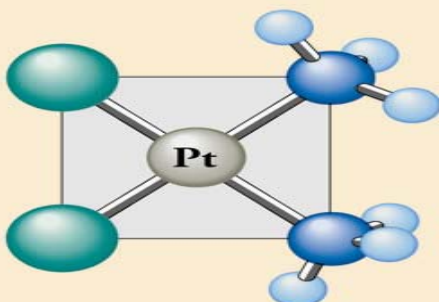
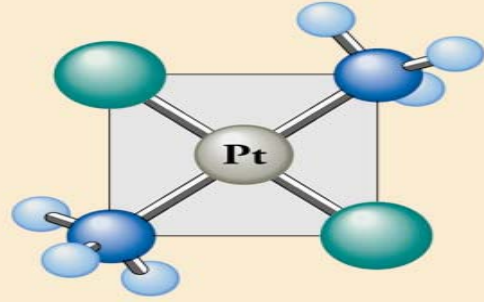
(a)  $[\text{Co}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)_5]^{2+}$



(b)  $[\text{Co}(\text{ONO})(\text{NH}_3)_5]^{2+}$

$\rightarrow \text{NH}_3\text{-ουδέτερο}$

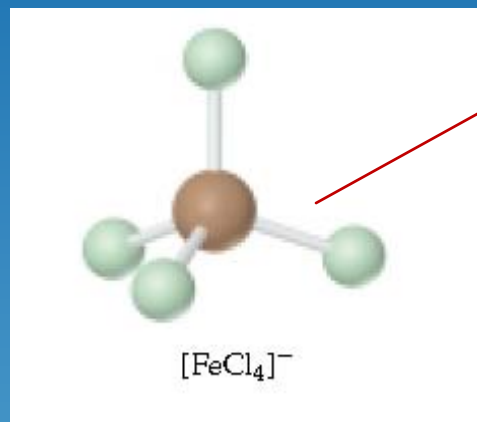
$\text{Co}^{+?}$

|                        | <i>cis</i>                                                                                                                                                             | <i>trans</i>                                                                                                                                                                  |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Μοντέλο σφαίρας-ράβδου |                                                                                      |                                                                                            |
| Συντακτικός τύπος      | $  \begin{array}{c}  \text{Cl} \quad \text{NH}_3 \\  \diagdown \quad \diagup \\  \text{Pt} \\  \diagup \quad \diagdown \\  \text{Cl} \quad \text{NH}_3  \end{array}  $ | $  \begin{array}{c}  \text{Cl} \quad \text{NH}_3 \\  \diagdown \quad \diagup \\  \text{Pt} \\  \diagup \quad \diagdown \\  \text{H}_3\text{N} \quad \text{Cl}  \end{array}  $ |
| Χρώμα                  | Πορτοκαλοκίτρινο                                                                                                                                                       | Ωχροκίτρινο                                                                                                                                                                   |
| Διαλυτότητα            | 0,252 g/100 g H <sub>2</sub> O                                                                                                                                         | 0,037 g/100 g H <sub>2</sub> O                                                                                                                                                |

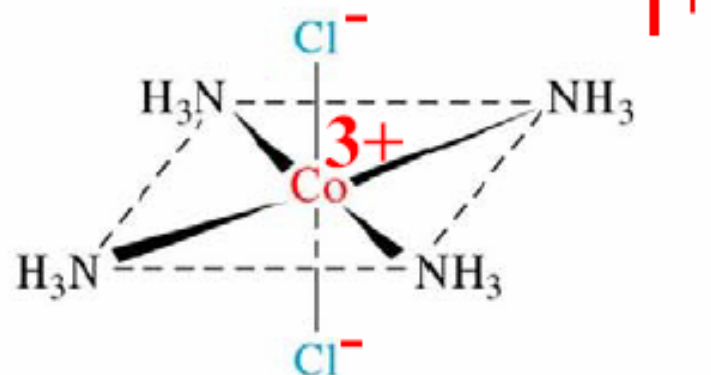
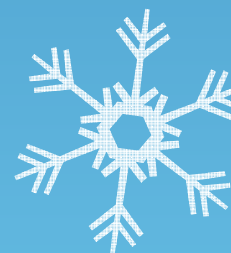
Cl<sup>-1</sup>

Pt?

NH<sub>3</sub>-ουδέτερο



Fe?



## Ονοματολογία συμπλόκων

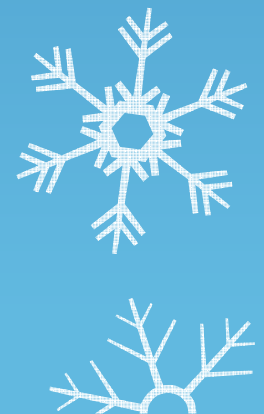
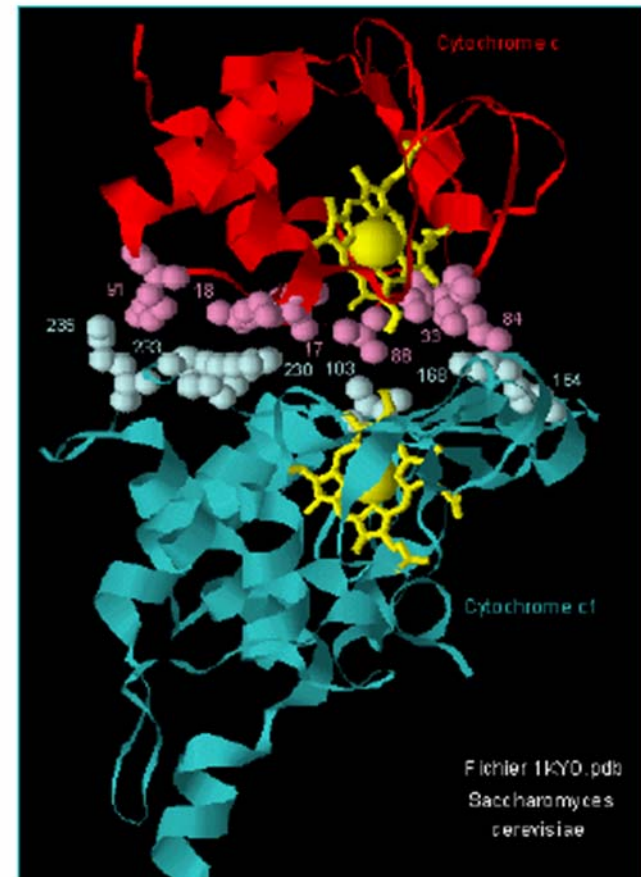
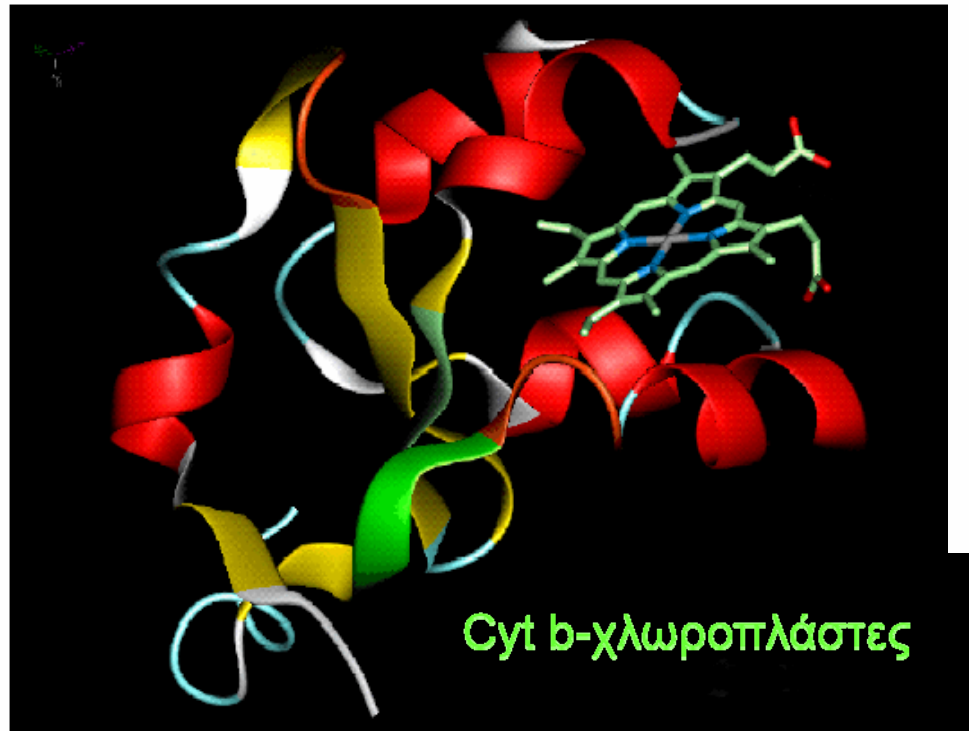
Σκοπός της ονοματολογίας των συμπλοκών είναι να προσδιορίζουν το φορτίο του κεντρικού μετάλλου . Στα ανιόντα δίνεται η κατάληξη -άτο ενώ στα κατιόντα και στα ουδέτερα μόρια δεν δίνεται ιδιαίτερη κατάληξη .

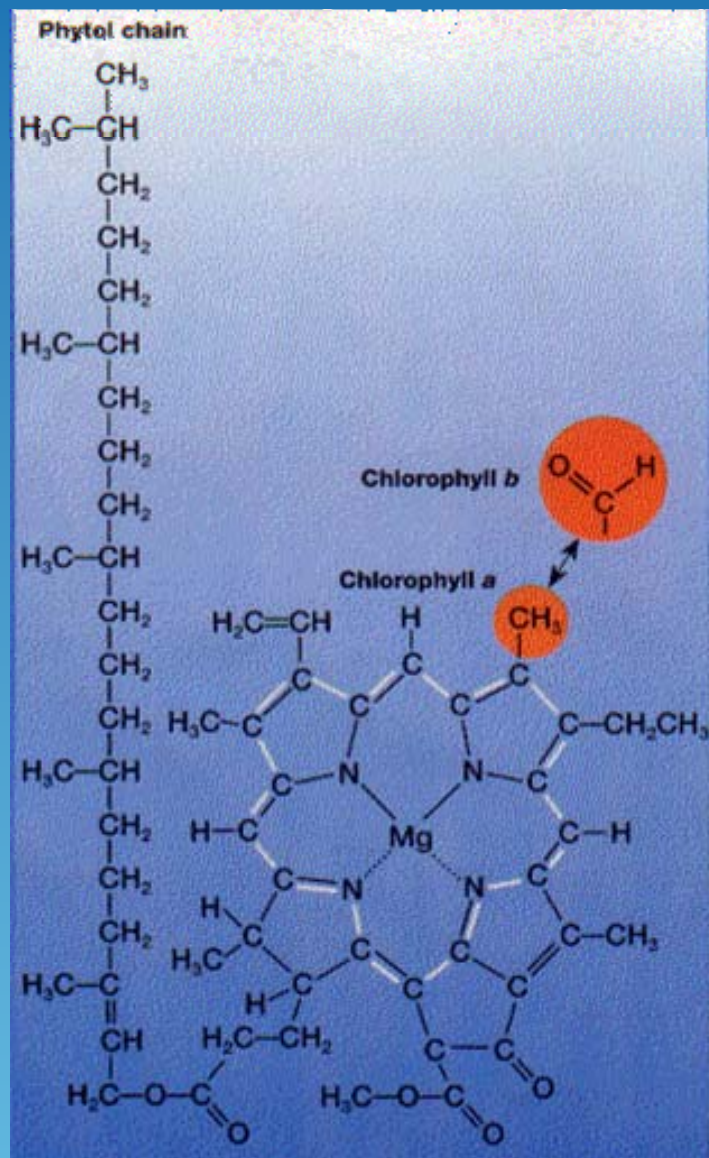
–Μέσα στο σύμπλοκο ιόν πρώτα ονομάζουμε τα ligand κατά αλφαβητική σειρά και μετά το μέταλλο. Π.χ.  
 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^{2+}$  : πεντα-αμινο χλωρο κοβάλτιο (III)

# Practice Problems

1.  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ : tetramminedichlorocobalt(III) chloride.
2.  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ : pentamminemonochlorocobalt(III) chloride.
3.  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ : potassium hexanitritocobaltate(III).
4.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]_2[\text{PtCl}_4]$ : di(triamminemonochloroplatinum(II)) tetrachloroplatinate(II).
5.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$ : tetrammineplatinum(II) tetrachloroplatinate(II).
6.  $\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_4]$ : ammonium diamminetetraethiocyanatochromate(III).
7.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$ : hexammineplatinum(IV) chloride.
8.  $\text{K}[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_3]$ : potassium amminetrichloroplatinate(II).
9.  $\text{K}[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_5]$ : potassium amminepentachloroplatinate(IV)

Σύμπλοκες ενώσεις  
στους χλωροπλάστες  
Δρουν καταλυτικά

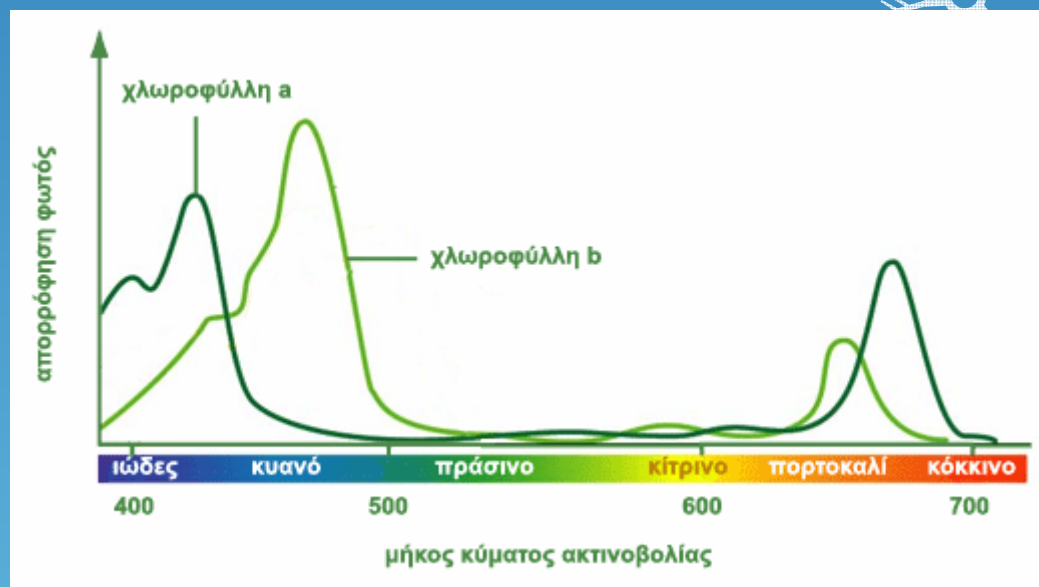


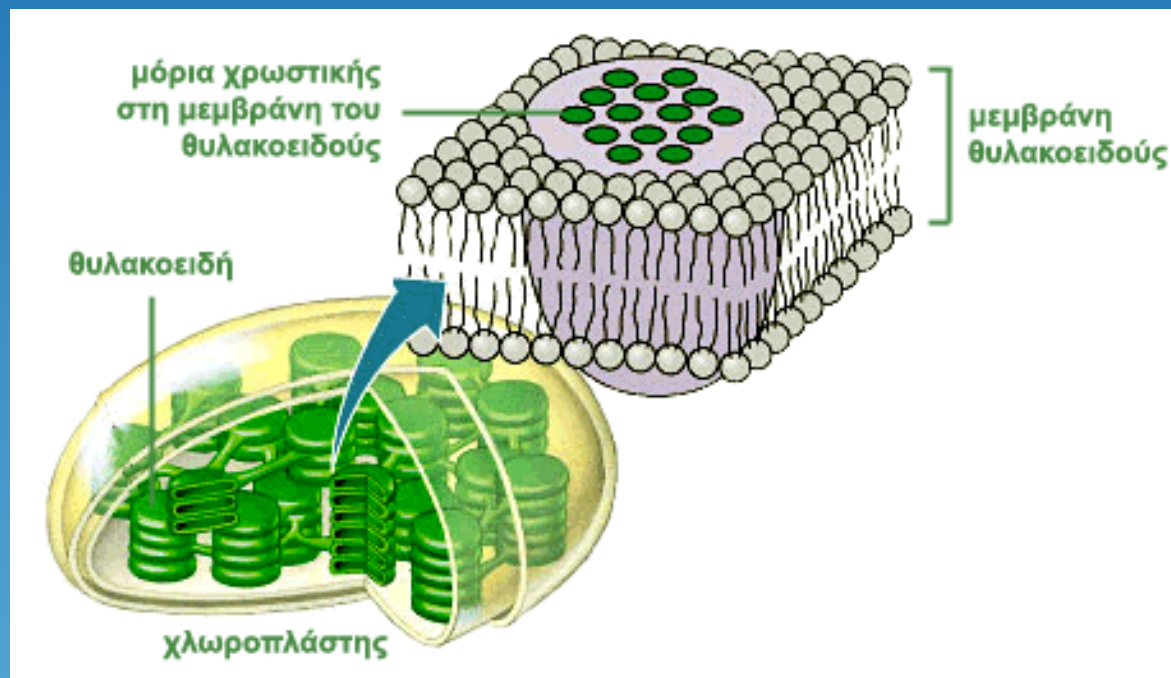


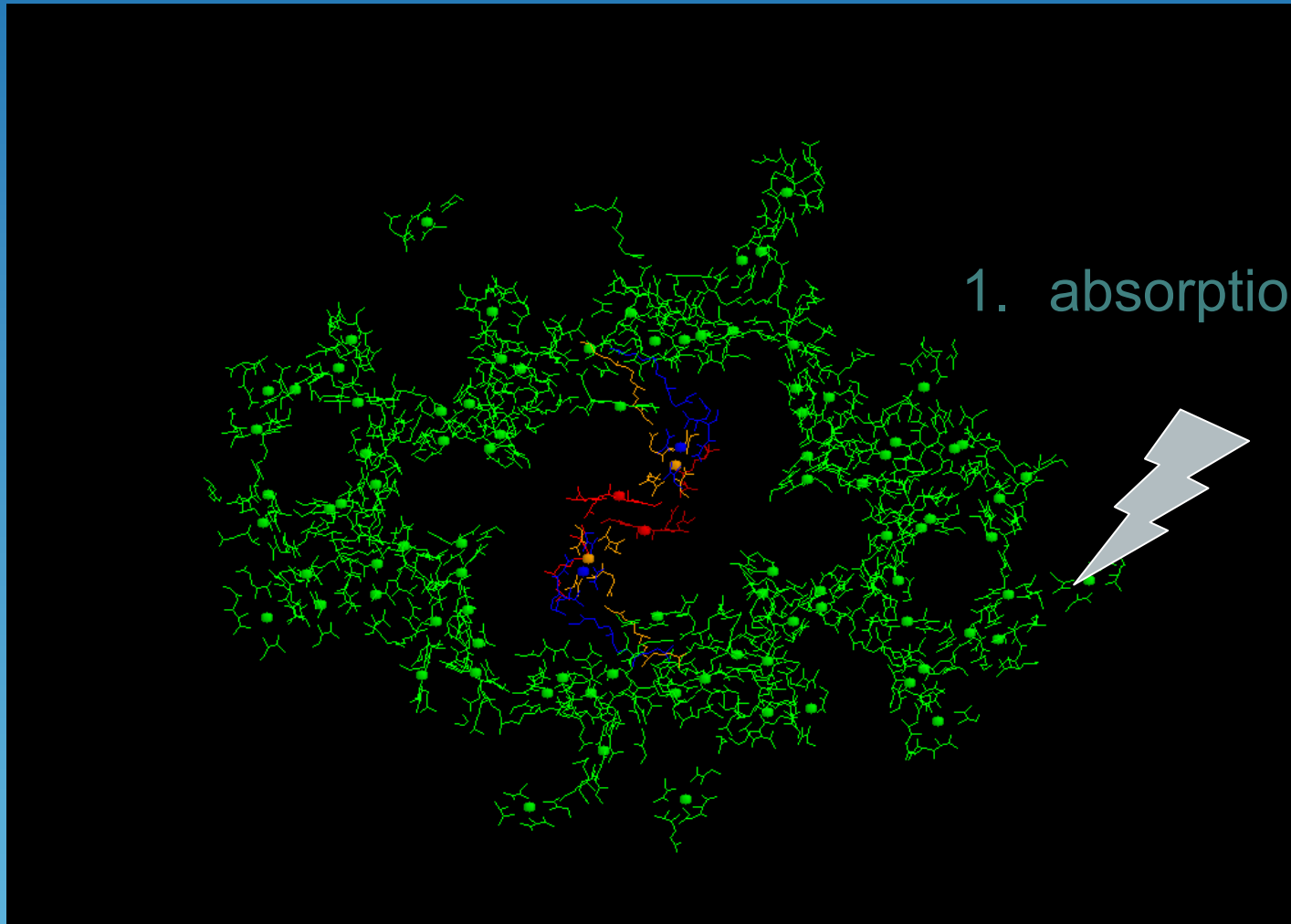
# Χλωροφύλλη

Σύμπλοκη ένωση Mg

Είναι εγχρωμη ,απορροφά σε  
συγκεκριμένα λ και σε αυτή οφείλεται  
το πράσινο χρώμα των φύλλων

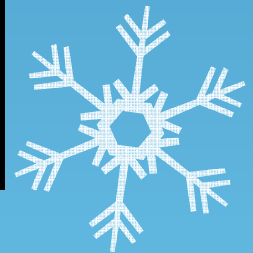
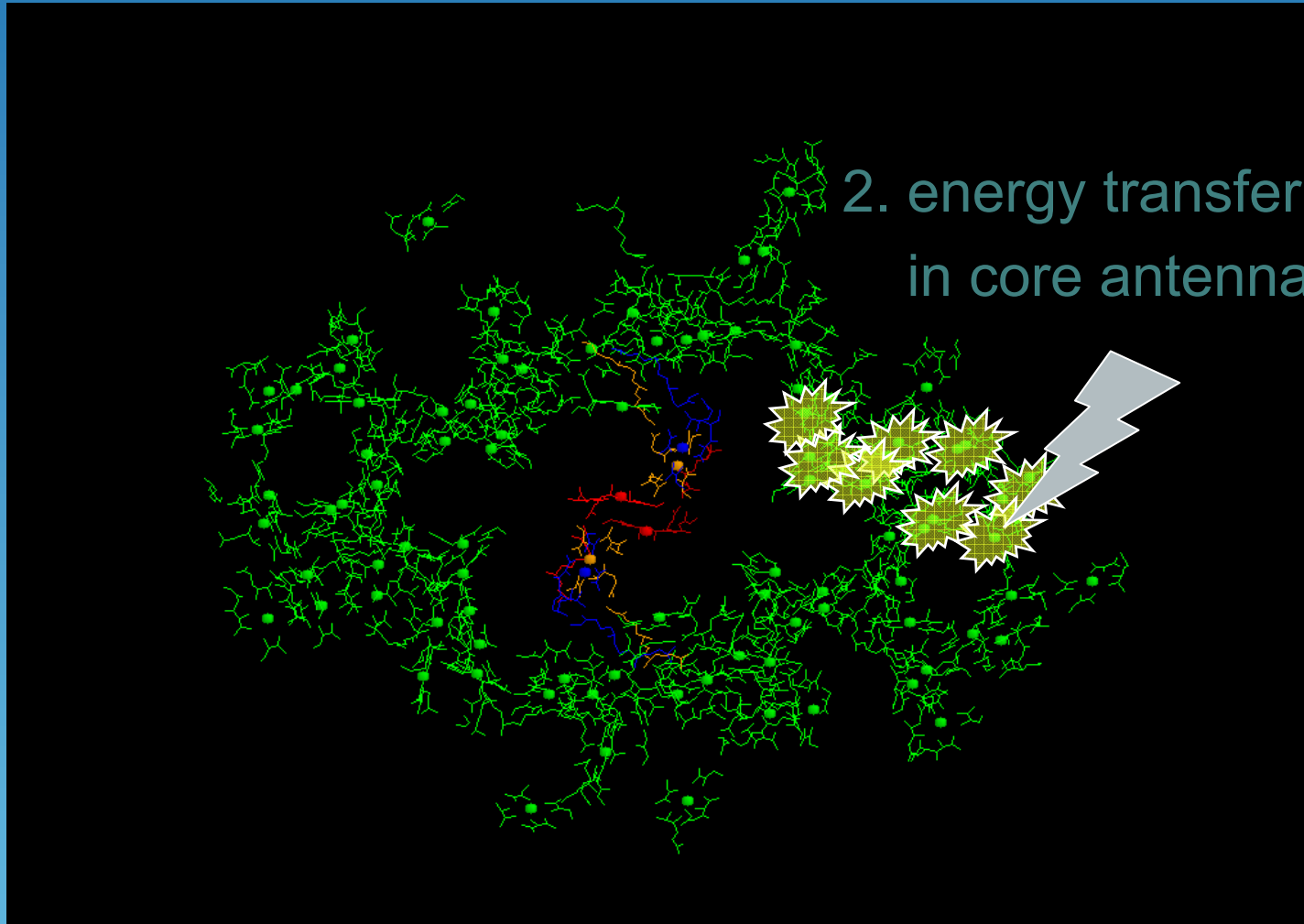




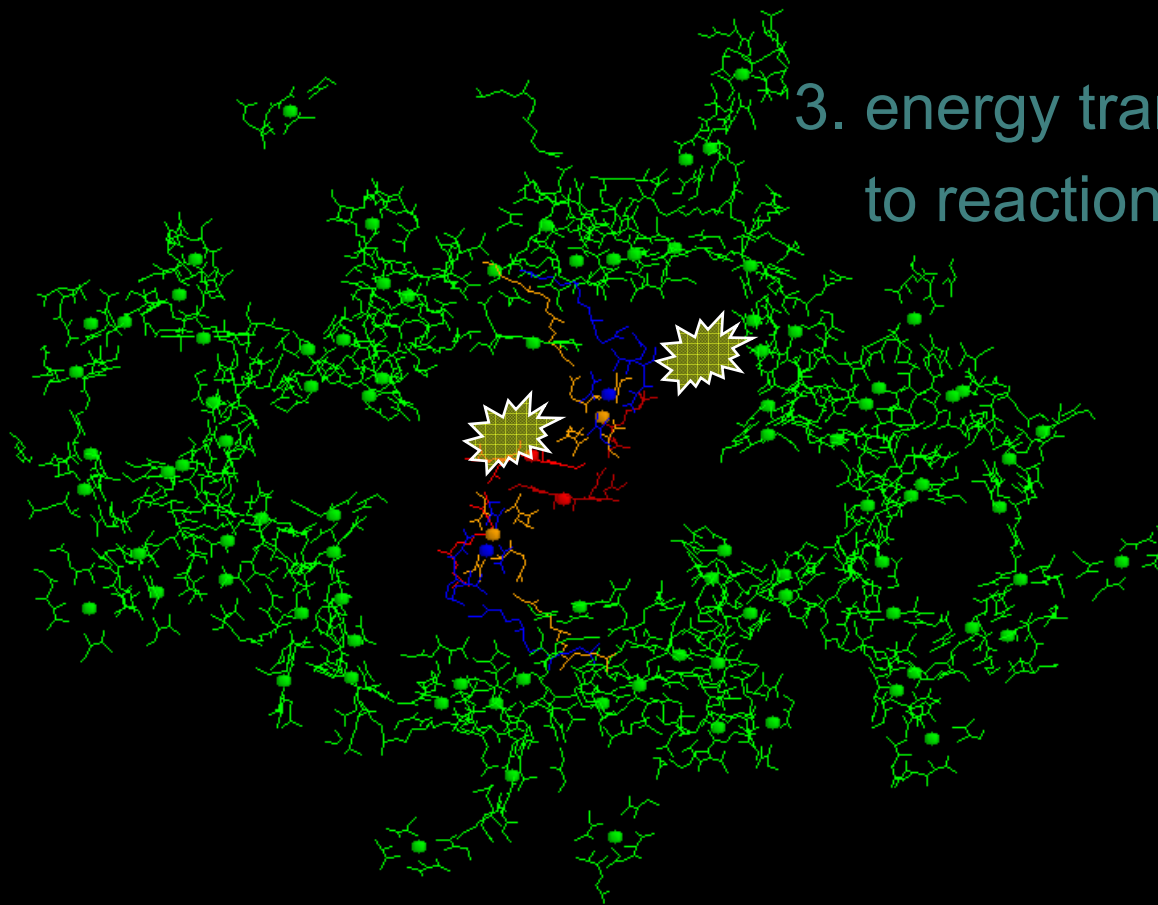


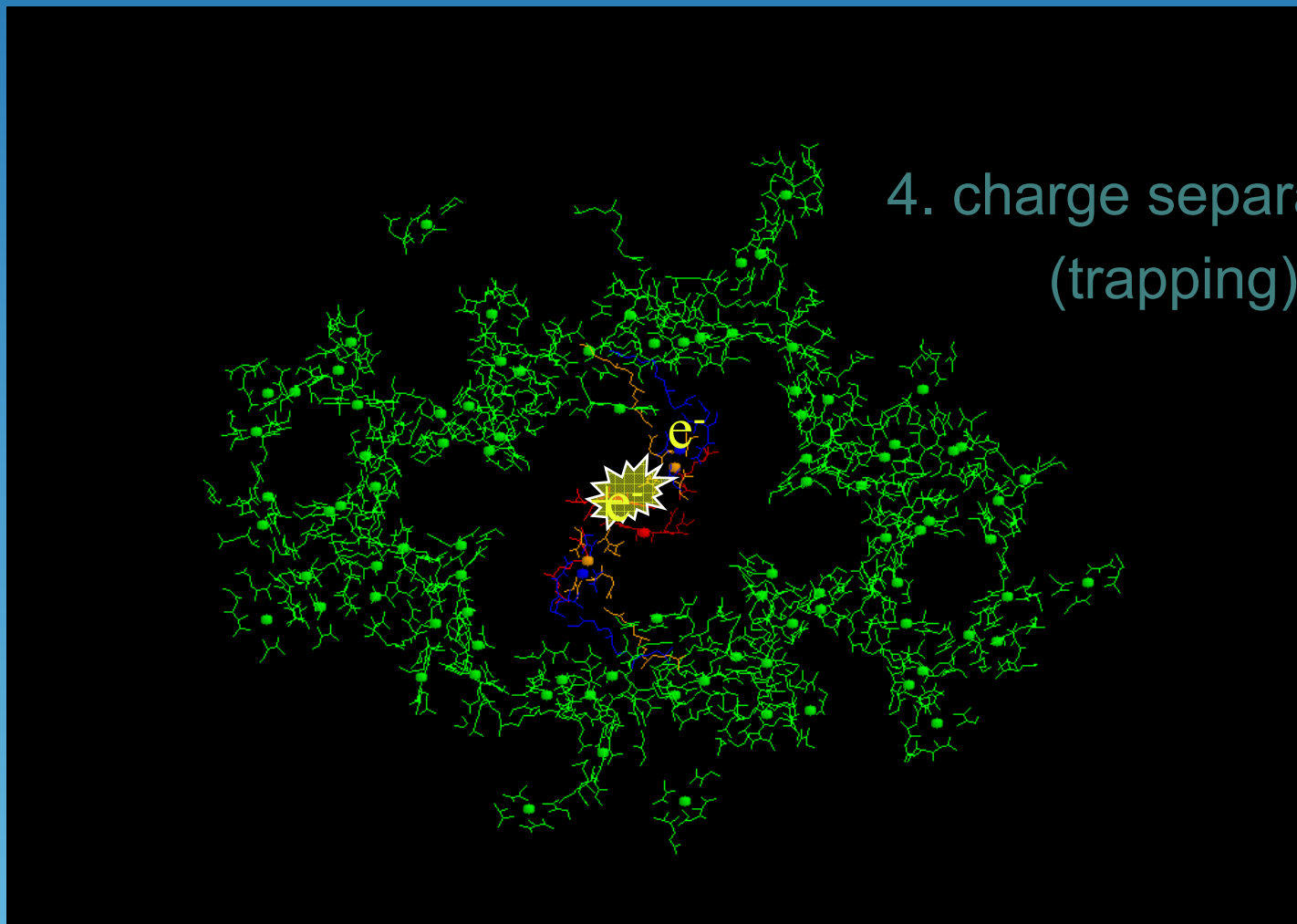
Η χλωροφύλλες δεν απορροφούν σε  $500 < \lambda < 600$

Καροτενοειδή: απορροφούν φωτόνια μεγαλύτερου εύρους ενέργειας και βοηθούν στη φωτοσύνθεση απορροφώντας σε  $\lambda$  που η χλωροφύλλη δεν απορροφά.

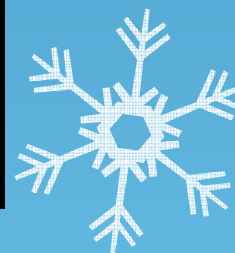


3. energy transfer  
to reaction center





4. charge separation  
(trapping)

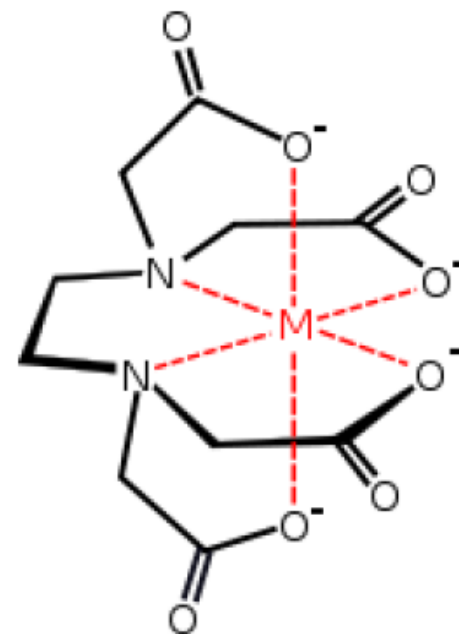
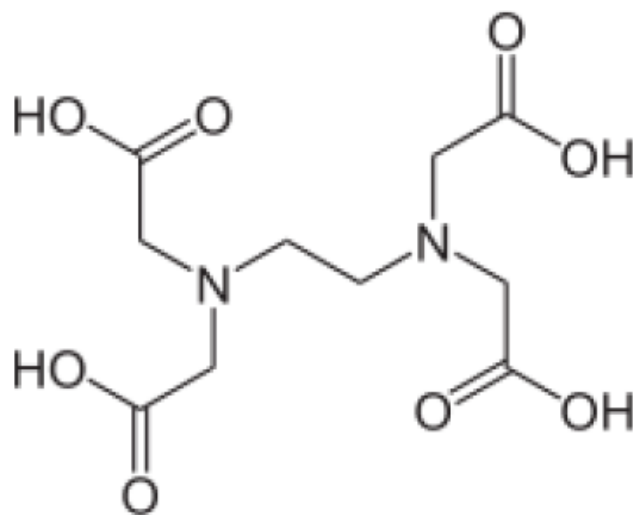


## ΧΗΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Όταν η συναρμογή πολυδοντικών υποκαταστατών οδηγεί σε σχηματισμό δακτυλίου (πενταμελή ή εξαμελή)

Χαρακτηριστικά τους ευδιαλυτότητα, σταθερότητα, εκλεκτικότητα

EDTA



Χρησιμοποιούνται για την πρόσληψη από τα φυτά θρεπτικών συστατικών ( $\text{Fe}^{+3}$ ), γιατί οι χηλικές είναι ευδιάλυτες και μένουν στο εδαφικό διάλυμα (διαφορετικά ο Fe δεσμεύεται στη στερεή φάση του εδάφους)

# ΧΗΛΙΚΟΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΕΣ ΜΕ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ



Πίνακας 8. Χημικοί υποκαταστάτες με γεωργικό ενδιαφέρον

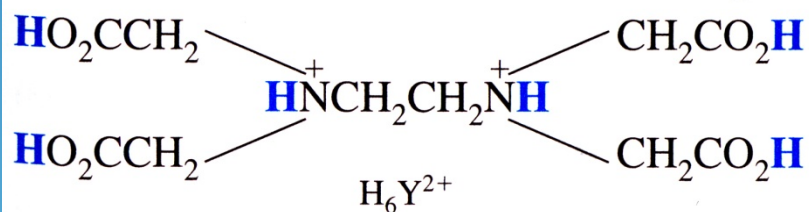
|      | Χημική ονομασία                | Χημικός τύπος                                                                                                                                                                                                       |
|------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EDTA | Αιθυλενοδιαμίνο-τετραοξικό οξύ | $\begin{array}{c} \text{HOOCCH}_2\text{C} \\ \text{HOOCCH}_2\text{C} \end{array} \rangle \text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N} \begin{array}{l} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$ |
| NTA  | Νιτρίλο τριοξικό οξύ           | $\text{N} \begin{array}{l} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$                                                                                               |

|                      | Χημική ονομασία                              | Χημικός τύπος                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DTPA                 | Διαιθυλενο-τριαμινο πενταοξικό οξύ           | $\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2 \\ \text{HOOC}-\text{CH}_2 \end{array} \rangle \text{N}-(\text{CH}_2)_2-\overset{\text{CH}_2-\text{COOH}}{\underset{ }{\text{N}}}-(\text{CH}_2)_2-\text{N} \begin{array}{l} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$ |
| HEDTA                | N-υδροξυαιθυλο αιθυλένο διαμινο τριοξικό οξύ | $\begin{array}{c} \text{HOCH}_2-\text{CH}_2 \\ \text{HOOC}-\text{CH}_2 \end{array} \rangle \text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N} \begin{array}{l} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \text{CH}_2-\text{COOH} \end{array}$                                                                 |
| DHEG                 | N, N-Δι-(υδροξυ-αιθυλο) γλυκίνη              | $\begin{array}{c} \text{HOCH}_2-\text{CH}_2 \\ \text{HOCH}_2-\text{CH}_2 \end{array} \rangle \text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$                                                                                                                                                        |
| Glucoshe-<br>ptonate | Γλυκοεπτανικό οξύ                            | $\text{HOCH}_2-(\text{CHOH})_5-\text{COOH}$                                                                                                                                                                                                                                           |

# EDTA

## 1.) EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid)

- EDTA έχει 2 άζωτα & 4 οξυγόνα στη δομή του για συναρμογή με μεταλλικά ιόντα, τα οποία είναι διαθέσιμα ανάλογα με το pH



$$\text{p}K_1 = 0.0 (\text{CO}_2\text{H})$$

$$\text{p}K_4 = 2.69 (\text{CO}_2\text{H})$$

$$\text{p}K_2 = 1.5 (\text{CO}_2\text{H})$$

$$\text{p}K_5 = 6.13 (\text{NH}^+)$$

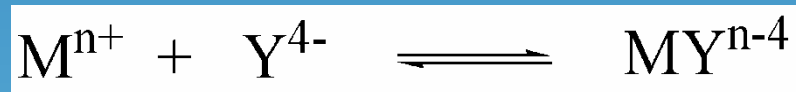
$$\text{p}K_3 = 2.00 (\text{CO}_2\text{H})$$

$$\text{p}K_6 = 10.37 (\text{NH}^+)$$

$\text{p}K$  applies at 25°C and  $\mu = 0.1 \text{ M}$ , except  $\text{p}K_1$  applies at  $\mu = 1 \text{ M}$

### 3.) EDTA Complexes

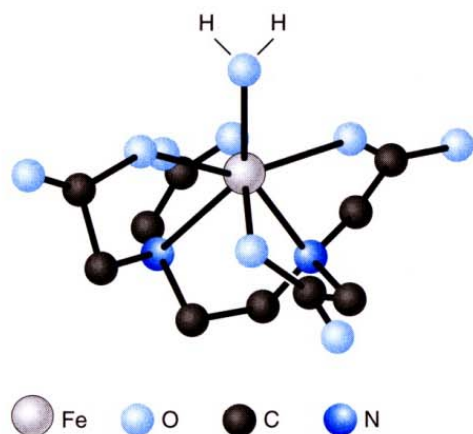
- Η βασική μορφή του EDTA ( $Y^{4-}$ ) αντιδρά και σχηματίζει 1:1 σύμπλοκο



$$K_f = \frac{[MY^{n-4}]}{[M^{n+}][Y^{4-}]}$$

Σημείωση: Η αντίδραση αυτή αφορά μόνο την μορφή  $Y^{4-}$ ,  
 $K_f$ =σταθερά σχηματισμού

# EDTA



**Table 12-2** Formation constants for metal-EDTA complexes

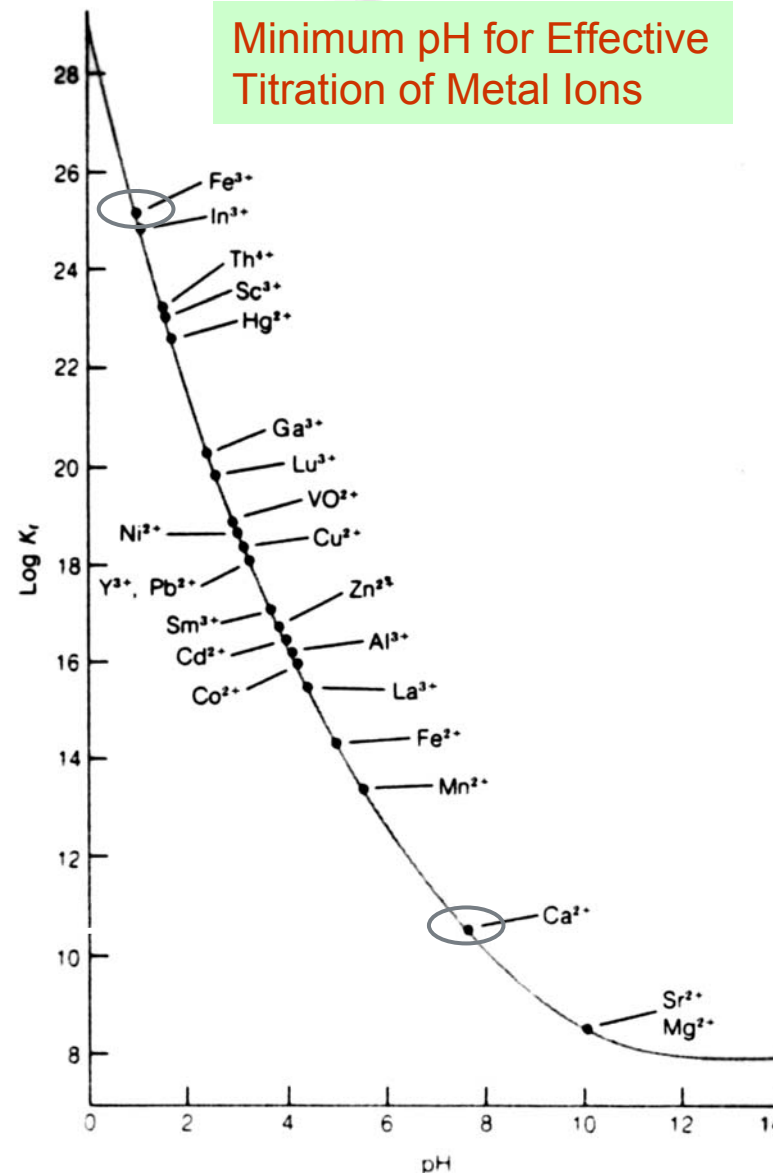
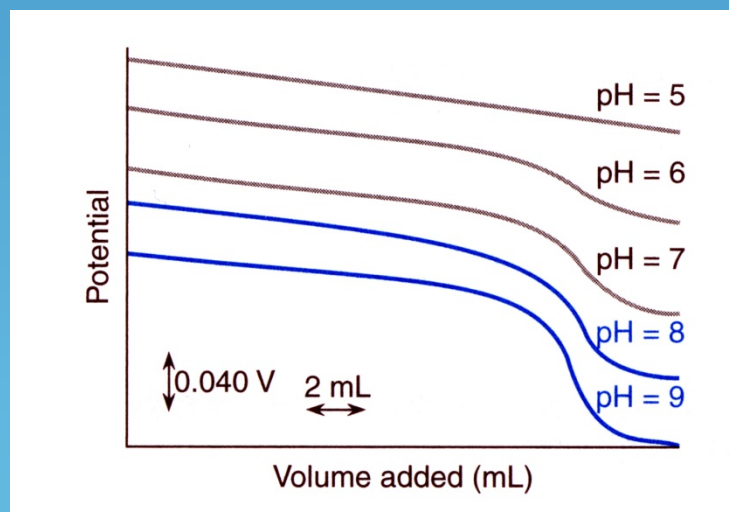
| Ion              |  | log $K_f$         |  | Ion                          |  | log $K_f$         |  | Ion              |  | log $K_f$         |  |
|------------------|--|-------------------|--|------------------------------|--|-------------------|--|------------------|--|-------------------|--|
| Li <sup>+</sup>  |  | 2.95              |  | V <sup>3+</sup>              |  | 25.9 <sup>a</sup> |  | Tl <sup>3+</sup> |  | 35.3              |  |
| Na <sup>+</sup>  |  | 1.86              |  | Cr <sup>3+</sup>             |  | 23.4 <sup>a</sup> |  | Bi <sup>3+</sup> |  | 27.8 <sup>a</sup> |  |
| K <sup>+</sup>   |  | 0.8               |  | Mn <sup>3+</sup>             |  | 25.2              |  | Ce <sup>3+</sup> |  | 15.93             |  |
| Be <sup>2+</sup> |  | 9.7               |  | Fe <sup>3+</sup>             |  | 25.1              |  | Pr <sup>3+</sup> |  | 16.30             |  |
| Mg <sup>2+</sup> |  | 8.79              |  | Co <sup>3+</sup>             |  | 41.4              |  | Nd <sup>3+</sup> |  | 16.51             |  |
| Ca <sup>2+</sup> |  | 10.65             |  | Zr <sup>4+</sup>             |  | 29.3              |  | Pm <sup>3+</sup> |  | 16.9              |  |
| Sr <sup>2+</sup> |  | 8.72              |  | Hf <sup>4+</sup>             |  | 29.5              |  | Sm <sup>3+</sup> |  | 17.06             |  |
| Ba <sup>2+</sup> |  | 7.88              |  | VO <sup>2+</sup>             |  | 18.7              |  | Eu <sup>3+</sup> |  | 17.25             |  |
| Ra <sup>2+</sup> |  | 7.4               |  | VO <sub>2</sub> <sup>+</sup> |  | 15.5              |  | Gd <sup>3+</sup> |  | 17.35             |  |
| Sc <sup>3+</sup> |  | 23.1 <sup>a</sup> |  | Ag <sup>+</sup>              |  | 7.20              |  | Tb <sup>3+</sup> |  | 17.87             |  |
| Y <sup>3+</sup>  |  | 18.08             |  | Tl <sup>+</sup>              |  | 6.41              |  | Dy <sup>3+</sup> |  | 18.30             |  |
| La <sup>3+</sup> |  | 15.36             |  | Pd <sup>2+</sup>             |  | 25.6 <sup>a</sup> |  | Ho <sup>3+</sup> |  | 18.56             |  |
| V <sup>2+</sup>  |  | 12.7 <sup>a</sup> |  | Zn <sup>2+</sup>             |  | 16.5              |  | Er <sup>3+</sup> |  | 18.89             |  |
| Cr <sup>2+</sup> |  | 13.6 <sup>a</sup> |  | Cd <sup>2+</sup>             |  | 16.5              |  | Tm <sup>3+</sup> |  | 19.32             |  |
| Mn <sup>2+</sup> |  | 13.89             |  | Hg <sup>2+</sup>             |  | 21.5              |  | Yb <sup>3+</sup> |  | 19.49             |  |
| Fe <sup>2+</sup> |  | 14.30             |  | Sn <sup>2+</sup>             |  | 18.3 <sup>b</sup> |  | Lu <sup>3+</sup> |  | 19.74             |  |
| Co <sup>2+</sup> |  | 16.45             |  | Pb <sup>2+</sup>             |  | 18.0              |  | Th <sup>4+</sup> |  | 23.2              |  |
| Ni <sup>2+</sup> |  | 18.4              |  | Al <sup>3+</sup>             |  | 16.4              |  | U <sup>4+</sup>  |  | 25.7              |  |
| Cu <sup>2+</sup> |  | 18.78             |  | Ga <sup>3+</sup>             |  | 21.7              |  |                  |  |                   |  |
| Ti <sup>3+</sup> |  | 21.3              |  | In <sup>3+</sup>             |  | 24.9              |  |                  |  |                   |  |



## Περιορισμός του pH

Προσαρμόζοντας το pH στην τιτλοδότηση

- Μόνο ένα μεταλλικό ιόν (π.χ..  $\text{Fe}^{3+}$ ) τιτλοδοτείται χωρίς να επηρεάζεται από τα άλλα (π.χ..  $\text{Ca}^{2+}$ )



# ΧΗΛΙΚΟΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΕΣ ΜΕ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ



Πίνακας 8. Χημικοί υποκαταστάτες με γεωργικό ενδιαφέρον

|      | Χημική ονομασία                | Χημικός τύπος                                                                                                                                                                                                         |
|------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EDTA | Αιθυλενοδιαμίνο-τετραοξικό οξύ | $\begin{array}{c} \text{HOOCCH}_2\text{C} \\ \text{HOOCCH}_2\text{C} \end{array} \text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{N} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$ |
| NTA  | Νιτρίλο τριοξικό οξύ           | $\text{N} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$                                                                                           |

|                      | Χημική ονομασία                              | Χημικός τύπος                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DTPA                 | Διαιθυλενο-τριαμινο πενταοξικό οξύ           | $\begin{array}{c} \text{HOOC} - \text{CH}_2 \\ \text{HOOC} - \text{CH}_2 \end{array} \text{N} - (\text{CH}_2)_2 - \text{N} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COOH} \\   \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array} - \text{N} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$ |
| HEDTA                | N-υδροξυαιθυλο αιθυλένο διαμινο τριοξικό οξύ | $\begin{array}{c} \text{HOCH}_2 - \text{CH}_2 \\ \text{HOOC} - \text{CH}_2 \end{array} \text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{N} \begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$                                                                                         |
| DHEG                 | N, N-Δι-(υδροξυ-αιθυλο) γλυκίνη              | $\begin{array}{c} \text{HOCH}_2 - \text{CH}_2 \\ \text{HOCH}_2 - \text{CH}_2 \end{array} \text{N} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$                                                                                                                                                                                      |
| Glucoshe-<br>ptonate | Γλυκοεπτανικό οξύ                            | $\text{HOCH}_2 - (\text{CHOH})_5 - \text{COOH}$                                                                                                                                                                                                                                                                     |

# ΧΗΛΙΚΟΙ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΕΣ ΜΕ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ



Πίνακας 7. Σταθερές σταθερότητας συμπλόκων μετάλλων (log K)

| 11    | Fe (III) | Ca (II) | Ni (II) | Pb (II) | Zn (II) | Cd (II) | Fe (II) | Mn (II) | Ca (II) | Mg (II) |
|-------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NTA   | 15,9     | 12,9    | 11,5    | 11,4    | 10,7    | 9,8     | 8,3     | 7,4     | 6,4     | 5,4     |
| HEDTA | 19,8     | 17,5    | 17,3    | 15,7    | 14,7    | 13,3    | 12,2    | 10,9    | 8,3     | 7,0     |
| EDTA  | 25,1     | 18,8    | 18,6    | 18,0    | 16,5    | 16,5    | 14,3    | 13,9    | 10,7    | 8,8     |
| DTPA  | 28,0     | 21,4    | 20,2    | 18,8    | 18,3    | 19,0    | 16,4    | 15,6    | 10,8    | 9,3     |

ΠΡΟΣΟΧΗ/



NiEDTA

$$K_{\Sigma\text{ΤΑΘ}} = 3.9 \times 10^{18}$$

$$\Rightarrow \log K_{\Sigma\text{ΤΑΘ}} = 18.6$$

Η αύξηση της σταθερότητας των συμπλόκων ενώσεων με διάφορα ιόντα μετάλλων αυξάνεται στην εξής σειρά :



Αυτό έχει να κάνει με την αύξηση των αδέσμευτων ζευγών ηλεκτρονίων και συνεπώς την αύξηση των πενταμελών δακτυλίων που σχηματίζουν με το κεντρικό ιόν μετάλλου. Στον πίνακα 7 δίδονται οι λογάριθμοι των σταθερών σταθερότητας διαφόρων ιόντων μετάλλων με διάφορους χηλικούς υποκαταστάτες.

Οι οργανικές ενώσεις που είναι υποκαταστάτες χηλικών ενώσεων παρουσιάζουν μέγιστο βαθμό συμπλοκοποίησης σε ορισμένη περιοχή τιμών pH αφού και οι ίδιες είναι ασθενή οξέα.

Στον πίνακα 8 δίδονται οι βέλτιστες τιμές pH για την συμπλοκοποίηση διαφόρων ιόντων μετάλλων με EDTA.



με EDTA

[illegible]

# ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ



Το πιο διαδεδομένο στοιχείο που παρέχεται στο φυτό με τη χηλική του μορφή είναι ο σίδηρος. Χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς το 1951 για πρώτη φορά για τη διόρθωση της έλλειψης σιδήρου σε εσπεριδοειδή της Φλώριδας. Η αφομοιωσιμότητα όμως συγκεκριμένου χηλικού παρασκευάσματος όπως αποδεικνύει εξαρτάται άμεσα από το pH του περιβάλλοντος και συνεπώς του εδάφους (Πίνακας 9).

ΑΥΤΑ ΡΟΥ ΠΡΟΞΕΡΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΦΥΤΑ ΣΑΝ ΧΗΛΙΜΑ. ΠΑΡΑΣΚ.

**Πίνακας 9. Βέλτιστες τιμές pH για την δέσμευση  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Fe}^{3+}$**

Fe, Mn, Cu, Zn.

Ασβέστιο ( $\text{Ca}^{2+}$ )

pH 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

EDTA

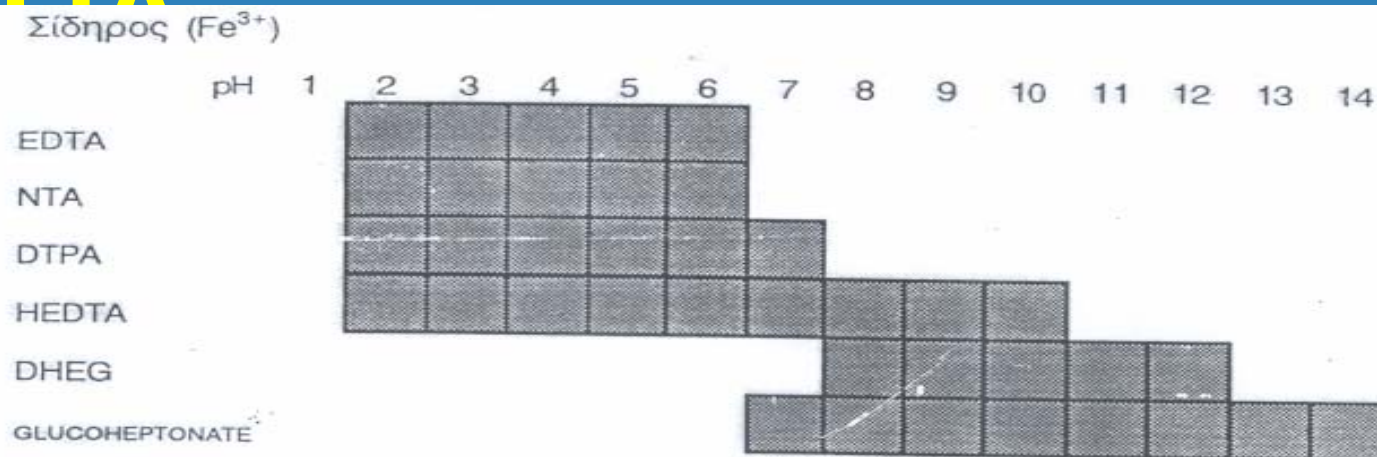
NTA

DTPA

HEDTA

GLUCOHEPTONATE

# ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ



Όπως φαίνεται από τον πίνακα η μεγίστη συμπλοκοποίηση του  $\text{Fe(III)}$  σε υψηλές τιμές pH γίνεται με υποκαταστάτες τα HEDTA, DHEG και Glucoheptonate. Συνεπώς η επιλογή του κατάλληλου υποκατάστατου για την εφαρμογή χηλικού παρασκευάσματος σε μια καλλιέργεια γίνεται σε συνάρτηση με την εδαφοχημική μελέτη.

Η αύξηση της τιμής του pH σε ένα σύστημα που περιέχει  $\text{Fe}^{3+}$  - EDTA, έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της σταθερότητας της συμπλόκου ένωσης που αποδεικνύεται με τη μείωση του αριθμού των πενταμελών δακτυλίων που δημιουργούνται με το κεντρικό ιόν μετάλλου και διάφορα τμήματα του EDTA (Σχήμα 17).

Χηλικό μαγγάνιο ή ψευδάργυρος που προστίθεται στο έδαφος αντικαθιστάται μερικώς από  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  και άλλα ιόντα. Η δραστηριότητα του Mn-EDTA και Zn-EDTA οφείλεται στο γεγονός ότι δεν δεσμεύονται από την αργίλλο του εδάφους επειδή η βέλτιστη συμπλοκοποίηση των ιόντων αυτών με το EDTA είναι σε περιοχές pH για τον Zn  $2 < \text{pH} = 14$  και για το Mn  $2 < \text{pH} < 10,5$ .

Όταν όμως ο σίδηρος αντικαταστήσει στο έδαφος το Mn ή τον Zn τότε ο χηλικός σίδηρος ( $\text{Fe-EDTA}$ ) θα δεσμευτεί από τα κολλοειδή του εδάφους ( $2 < \text{pH} < 5$ ) αφού τα αργιλλώδη εδάφη έχουν αλκαλική αντίδραση με τη μορφή

ΑΛΚΑΛΙΝΟΣ

$\text{Fe(OH)}_3$