

Περιοδικές ιδιότητες των στοιχείων

Αρετή Στρατή, MSc, PhD
Επίκουρη Καθηγήτρια
Ιατρική Σχολή Αθηνών
ΕΚΠΑ

A PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS FOR BIOLOGY

The table is organized into groups and periods, with elements color-coded by their biological functions. The groups are labeled with letters A through F, and the periods are labeled with numbers 1 through 7. The elements are arranged in a grid, with the following groups and elements:

- Group A:** H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr
- Group B:** Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra
- Group C:** B, Al, Ga, In, Tl, Bi
- Group D:** C, Si, Ge, Sn, Pb, Po
- Group E:** N, P, As, Sb, Te, At
- Group F:** O, S, Se, Br, Kr, Xe, Rn
- Group G:** F, Cl, Ar
- Group H:** He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn
- Group I:** Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr
- Group J:** Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Xe
- Group K:** La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu
- Group L:** Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr

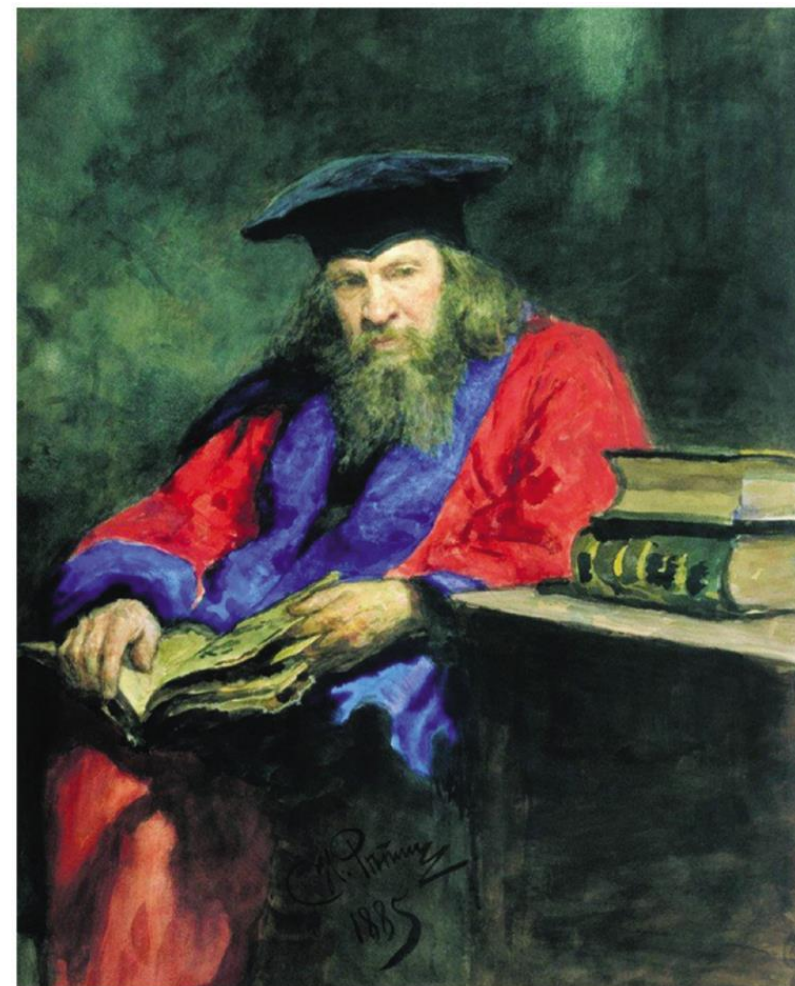
The table also includes a legend for the color-coding and a list of biological functions for each group. The functions are: Energy (Red), Structure (Blue), Metabolism (Green), Signaling (Yellow), and Reproduction (Purple).

Εκπαιδευτικά αντικείμενα

- Περιοδικές ιδιότητες στοιχείων
- Ηλεκτρονιακές Διαμορφώσεις
- Διαγράμματα Τροχιακών
- Η απαγορευτική αρχή του Pauli
- Πολυηλεκτρονικά άτομα
- Το Δραστικό Πυρηνικό Φορτίο
- Τα στοιχεία μετάπτωσης και εσωτερικής μετάπτωσης
- Ατομική ακτίνα
- Μαγνητικές ιδιότητες ιόντων μετάλλων μετάπτωσης
- Ενέργεια ιονισμού, Ηλεκτρονική συγγένεια
- Τα μέταλλα στην Ιατρική, Ιχνοστοιχεία
- Μεταλλικά σύμπλοκα
- Ισομερισμός

Ιστορική αναδρομή

- **<1700:** μέταλλα που χρησιμοποιούνταν από καιρό για νομίσματα, κοσμήματα και όπλα.
- **1700 -1800:** οι χημικοί ανακάλυψαν πάνω από 50 νέα στοιχεία
- **1780-1849:** ο Γερμανός χημικός Johann Döbereiner ομαδοποίησε τα στοιχεία σε τριάδες: τρία στοιχεία με παρόμοιες ιδιότητες π.χ το βάριο, το ασβέστιο και το στρόντιο, τρία αρκετά δραστικά μέταλλα.
- **1837-1898:** ο Άγγλος χημικός John Newlands οργάνωσε τα στοιχεία σε οκτάβες, κατ' αναλογία με τις μουσικές νότες.
- **1869-1871:** ο πίνακας του Μεντελέγιεφ, όταν τα στοιχεία διατάσσονται κατά σειρά αυξανόμενης μάζας, ορισμένες ιδιότητες επαναλαμβάνονται περιοδικά (τα στοιχεία με παρόμοιες ιδιότητες βρίσκονται στις ίδιες στήλες)
- **1887- 1915:** ο Χένρι Μόζελειϊ πρότεινε τον ατομικό αριθμό, δηλαδή τον αριθμό των πρωτονίων ενός ατόμου του στοιχείου, ως κριτήριο για την ταξινόμηση.



Πρόβλεψη ύπαρξης ανεξερεύννητων στοιχείων

Gallium (eka-aluminum)



**Mendeleev's
predicted
properties**

**Actual
properties**

Atomic mass	About 68 amu	69.72 amu
Melting point	Low	29.8 °C
Density	5.9 g/cm ³	5.90 g/cm ³
Formula of oxide	X ₂ O ₃	Ga ₂ O ₃
Formula of chloride	XCl ₃	GaCl ₃

Germanium (eka-silicon)



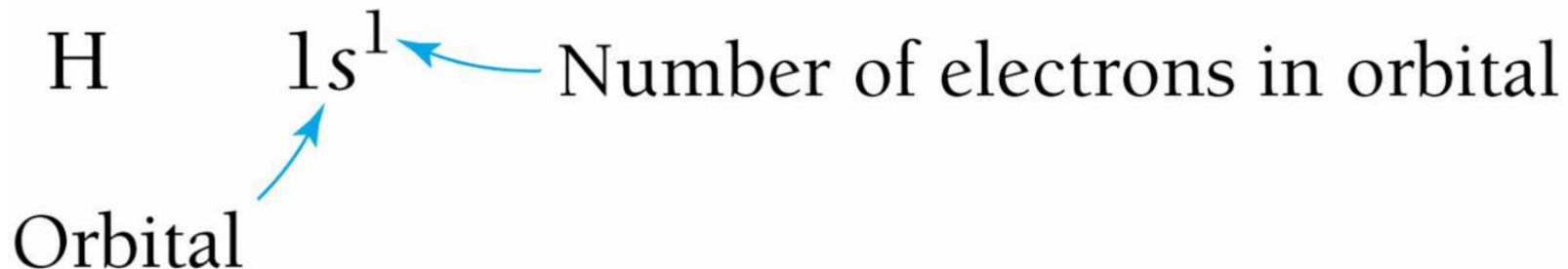
**Mendeleev's
predicted
properties**

**Actual
properties**

Atomic mass	About 72 amu	72.64 amu
Density	5.5 g/cm ³	5.35 g/cm ³
Formula of oxide	XO ₂	GeO ₂
Formula of chloride	XCl ₄	GeCl ₄

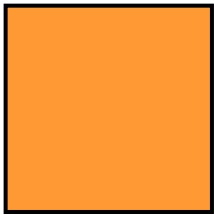
Ηλεκτρονικές Διαμορφώσεις

- Η **βασική κατάσταση** του ηλεκτρονίου είναι το τροχιακό που κατέχει με την χαμηλότερη ενέργεια
- Η κατανομή των ηλεκτρονίων στα διάφορα τροχιακά ενός ατόμου στην βασική κατάσταση καλείται **ηλεκτρονική διαμόρφωση**
- Ο αριθμός δείχνει την κύρια ενεργειακή στάθμη
- Το γράμμα δείχνει την υποστιβάδα και τον τύπο του τροχιακού
- Ο εκθέτης δείχνει τον αριθμό των ηλεκτρονίων σε αυτή την υποστιβάδα

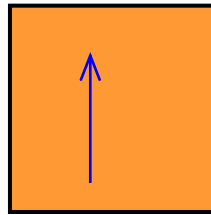


Διαγράμματα Τροχιακών

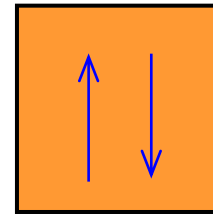
- Συχνά παριστούμε ένα τροχιακό σαν ένα τετράγωνο και τα ηλεκτρόνια σε αυτό το τροχιακό με βέλη
 - ✓ Η κατεύθυνση του βέλους παριστά το spin του ηλεκτρονίου



Μη κατειλημμένο
τροχιακό



Τροχιακό με
ένα ηλεκτρόνιο



Τροχιακό με
δύο ηλεκτρόνια

Η απαγορευτική αρχή του Pauli



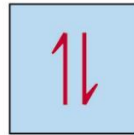
Πώς ευθυγραμμίζονται τα σπιν των δύο ηλεκτρονίων του ηλίου μεταξύ τους;

- Δεν μπορούν δύο ηλεκτρόνια στο ίδιο άτομο να έχουν τους ίδιους κβαντικούς αριθμούς
- Κάθε τροχιακό μπορεί να έχει το πολύ δύο μόνο ηλεκτρόνια, με αντίθετα σπιν

Electron configuration



Orbital diagram

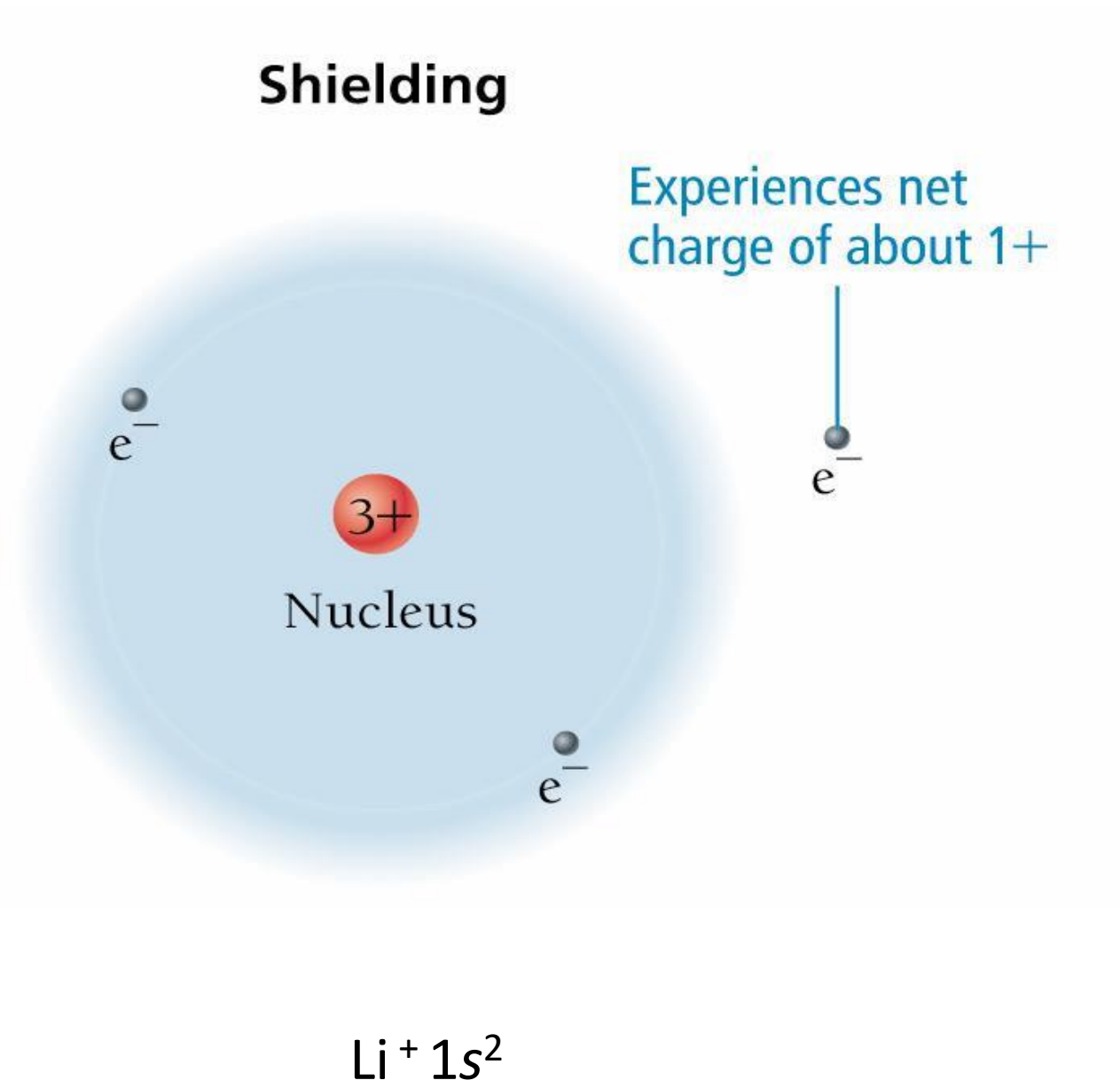


1s

n	l	m_l	m_s
1	0	0	$+\frac{1}{2}$
1	0	0	$-\frac{1}{2}$

Προάσπιση

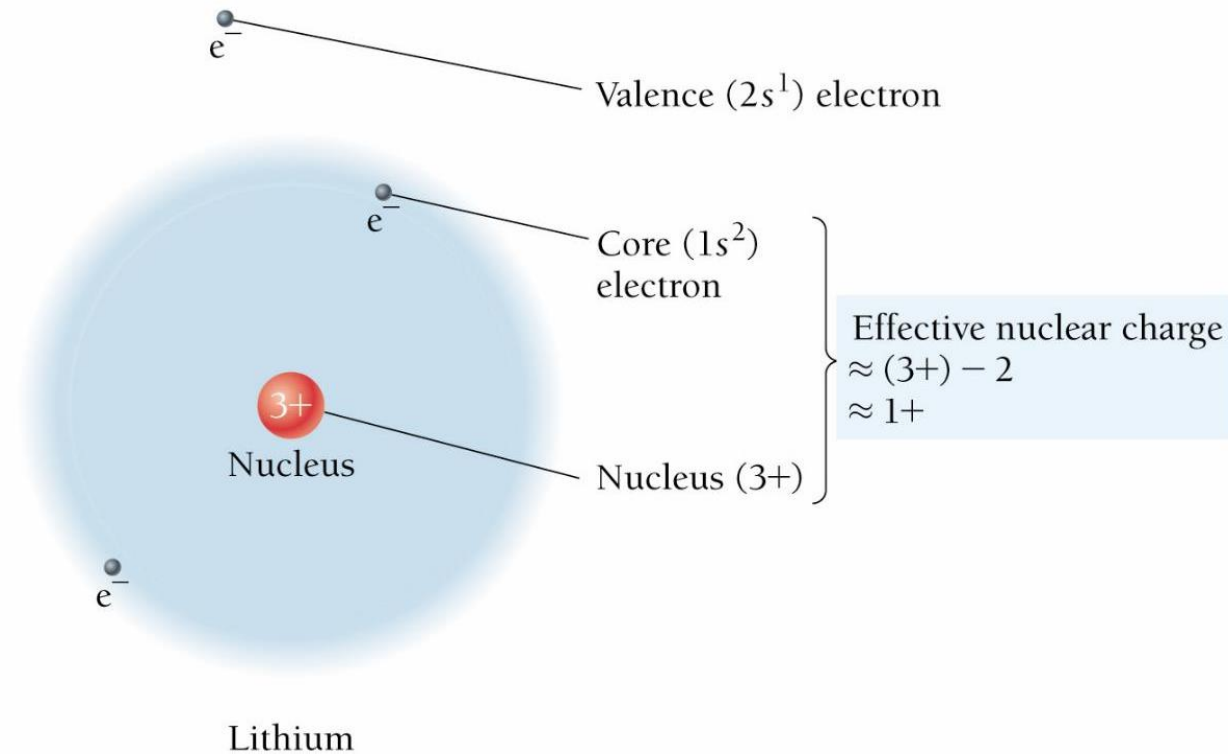
- Η απώθηση ενός ηλεκτρονίου από άλλα ηλεκτρόνια είναι η διαφύλαξη ή η θωράκιση του εν λόγω ηλεκτρονίου από την πλήρη επίδραση του πυρηνικού φορτίου.
- Το τρίτο ηλεκτρόνιο βιώνει ένα αποτελεσματικό πυρηνικό φορτίο (Z_{eff}) περίπου $1+$.



Το Δραστικό Πυρηνικό Φορτίο

➤ Το δραστικό πυρηνικό φορτίο είναι το καθαρό θετικό φορτίο που έλκει ένα ηλεκτρόνιο

➤ $Z_{\text{δραστικό}} = Z - S$



$$Z_{\text{eff}} = Z - S$$

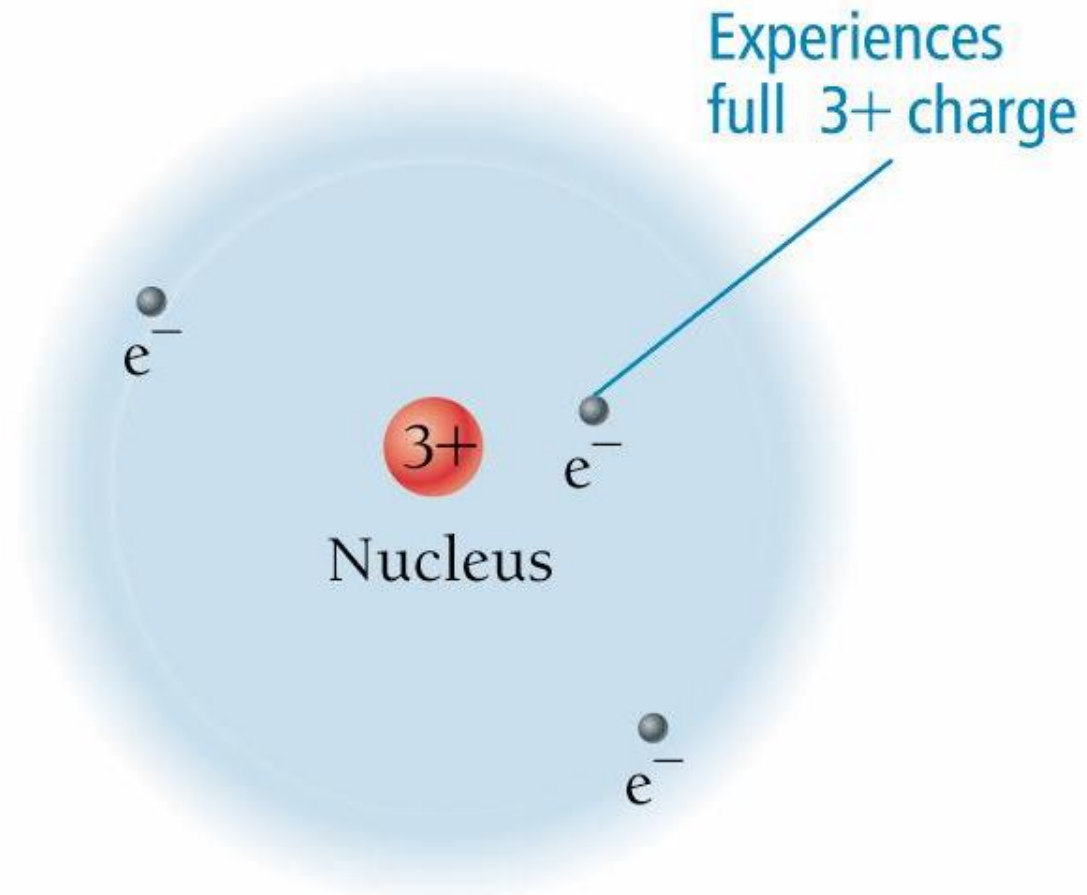
Effective nuclear charge

Actual nuclear charge

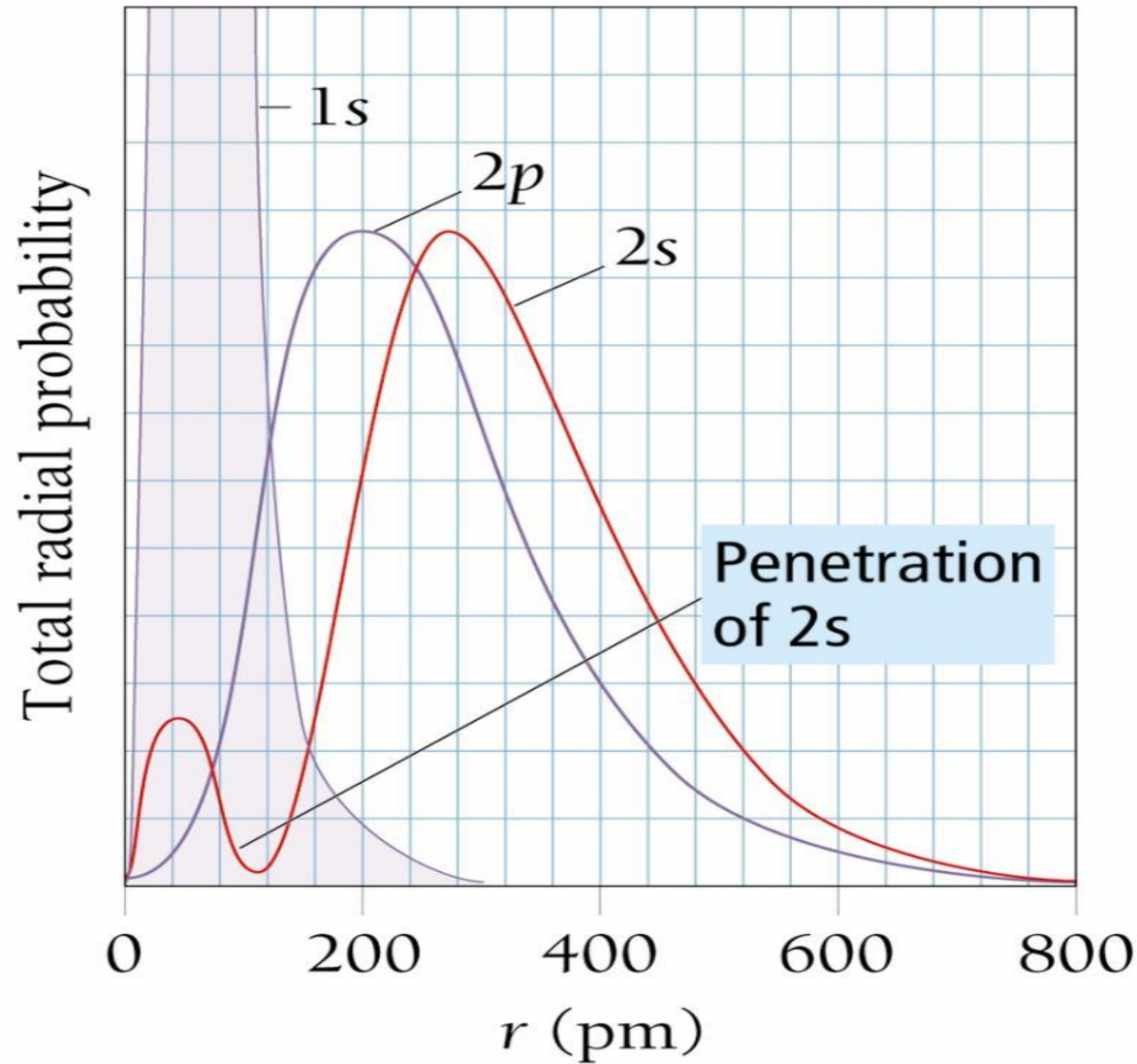
Charge screened by other electrons

Διείσδυση

Penetration

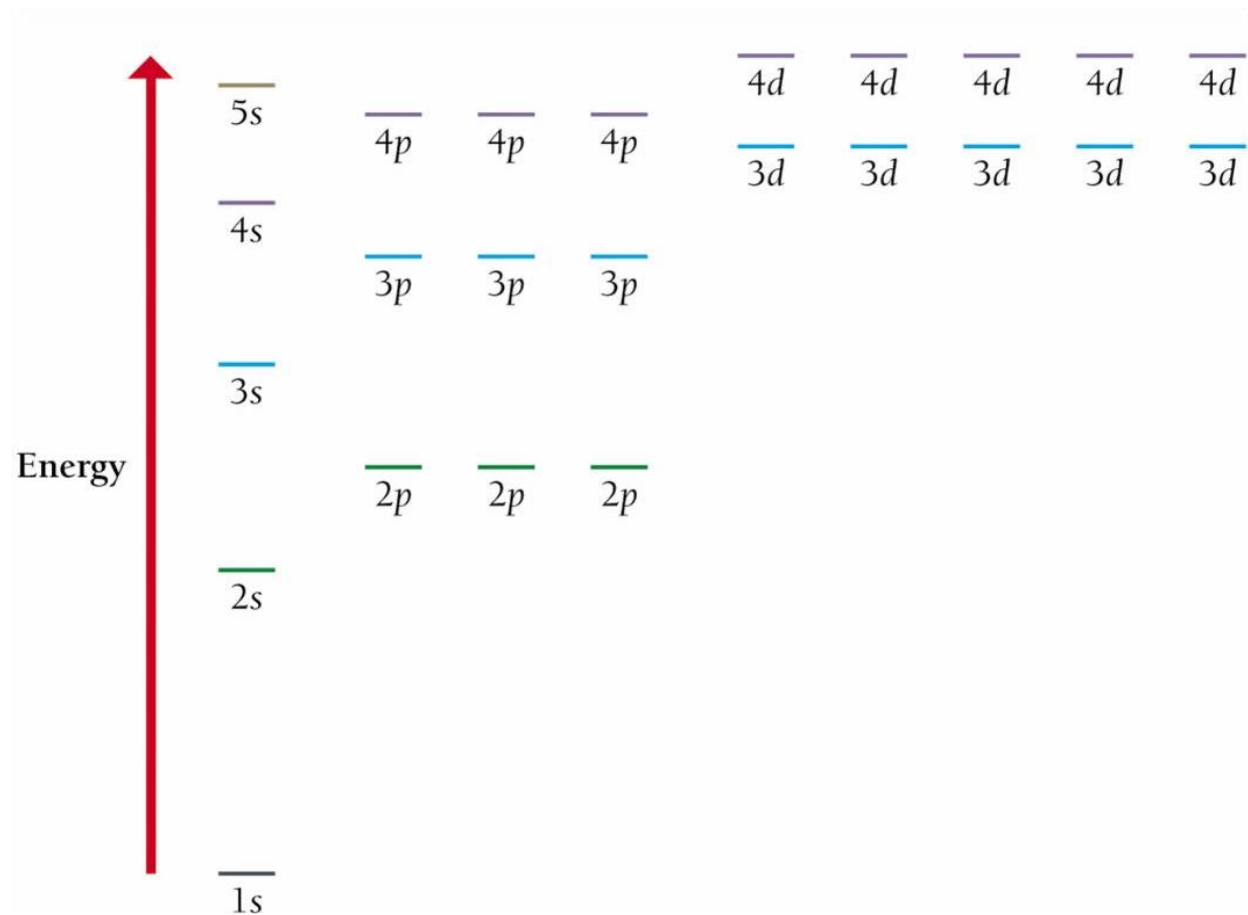


Συναρτήσεις ακτινικής κατανομής για τα 1s, 2s και 2p τροχιακά



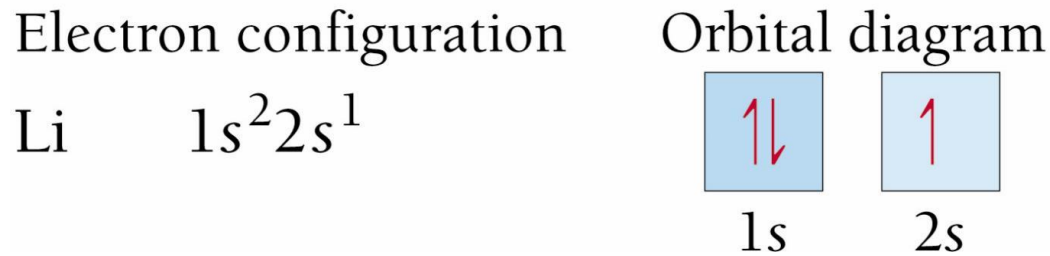
Γενική ενεργειακή διάταξη των τροχιακών για πολυηλεκτρονικά άτομα

- Τα υποεπίπεδα κάθε κύριου επιπέδου δεν είναι εκφυλισμένα για τα άτομα πολλών ηλεκτρονίων.
- Το τροχιακό 4s να βρίσκεται χαμηλότερα σε ενέργεια από τα 3d τροχιακά και το τροχιακό 5s να βρίσκεται χαμηλότερα σε ενέργεια από τα 4d τροχιακά
- Οι ενεργειακές αποστάσεις μεταξύ ενός συνόλου τροχιακών και του επόμενου γίνονται μικρότερες για τα τροχιακά 4s

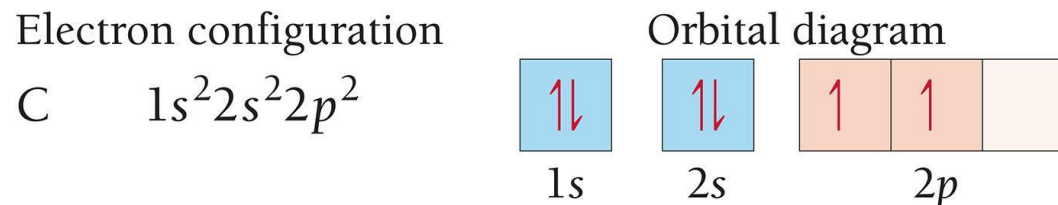


Ηλεκτρονικές διαμορφώσεις για πολυηλεκτρόνια άτομα

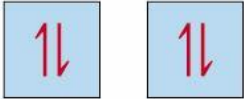
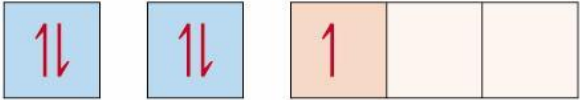
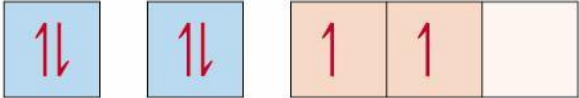
- **Αρχή aufbau:** τα ηλεκτρόνια καταλαμβάνουν τα τροχιακά με τη χαμηλότερη διαθέσιμη ενέργεια όταν το άτομο βρίσκεται στη βασική του κατάσταση και ότι μόνο δύο ηλεκτρόνια (με αντίθετα σπιν) επιτρέπονται σε κάθε τροχιακό



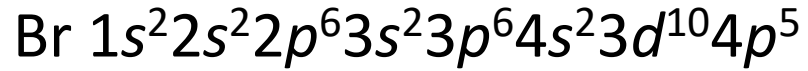
- **Κανόνας του Hund:** όταν γεμίζουν εκφυλισμένα τροχιακά, τα ηλεκτρόνια τα γεμίζουν πρώτα μεμονωμένα, με παράλληλα σπιν.
- ✓ η απωστική αλληλεπίδραση μεταξύ τους είναι μικρότερη από ό,τι όταν καταλαμβάνουν το ίδιο τροχιακό, επειδή τα ηλεκτρόνια κατανέμονται σε διαφορετικές περιοχές του χώρου



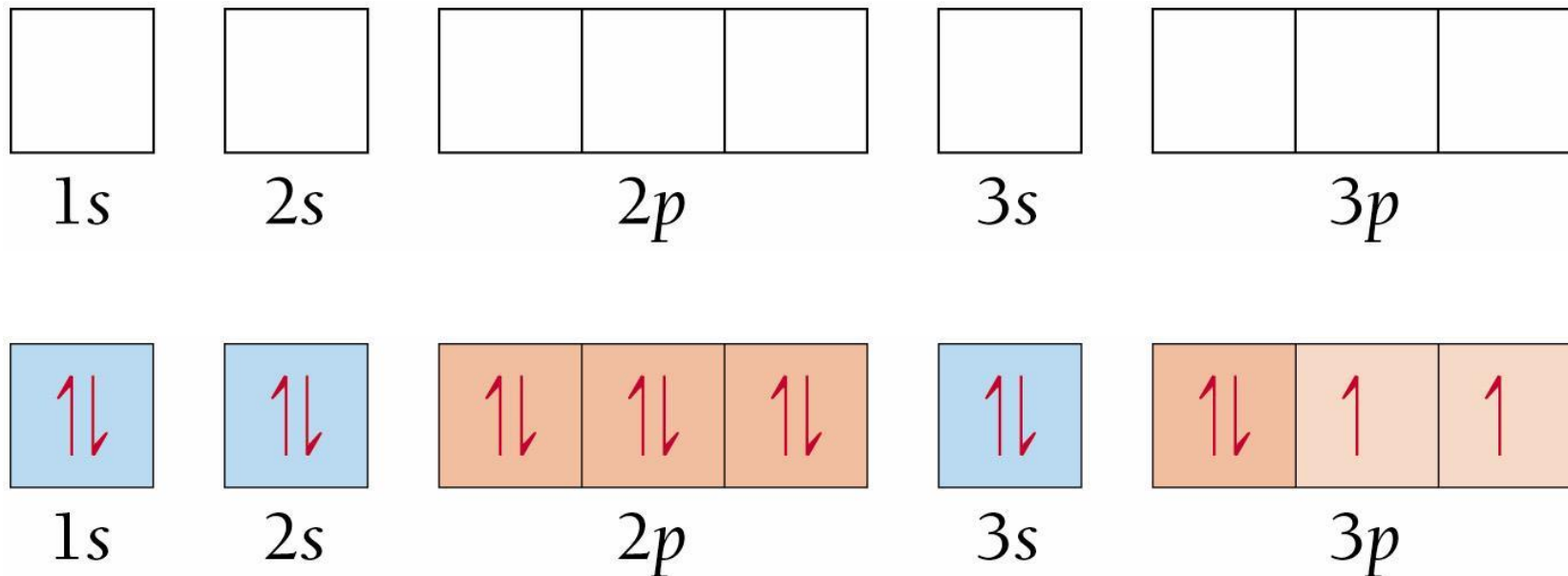
Παραδείγματα ηλεκτρονικών διαμορφώσεων

Symbol	Number of electrons	Electron configuration	Orbital diagram		
Li	3	$1s^2 2s^1$			
			1s	2s	
Be	4	$1s^2 2s^2$			
			1s	2s	
B	5	$1s^2 2s^2 2p^1$			
			1s	2s	2p
C	6	$1s^2 2s^2 2p^2$			
			1s	2s	2p

Ποια είναι η ηλεκτρονική διαμορφωση του Br?



Ποιο είναι το διάγραμμα τροχιακών για το θείο και ποιος ο αριθμός των ασύζευκτων ηλεκτρονίων?



Σύνδεση μεταξύ των ιδιοτήτων ενός στοιχείου και της ηλεκτρονιακής του διαμόρφωσης

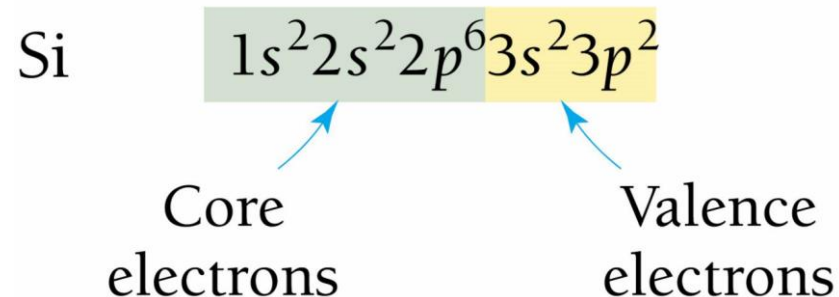
- Προς τα δεξιά τα τροχιακά συμπληρώνονται με τη σωστή σειρά.
- Σε κάθε σειρά, ο βασικός κβαντικός αριθμός αυξάνεται κατά ένα.
- Σε κάθε στήλη, ο αριθμός των ηλεκτρονίων στην εξωτερική κύρια ενεργειακή στάθμη (υψηλότερη τιμή n) παραμένει ο ίδιος.

Outer Electron Configurations of Elements 1–18

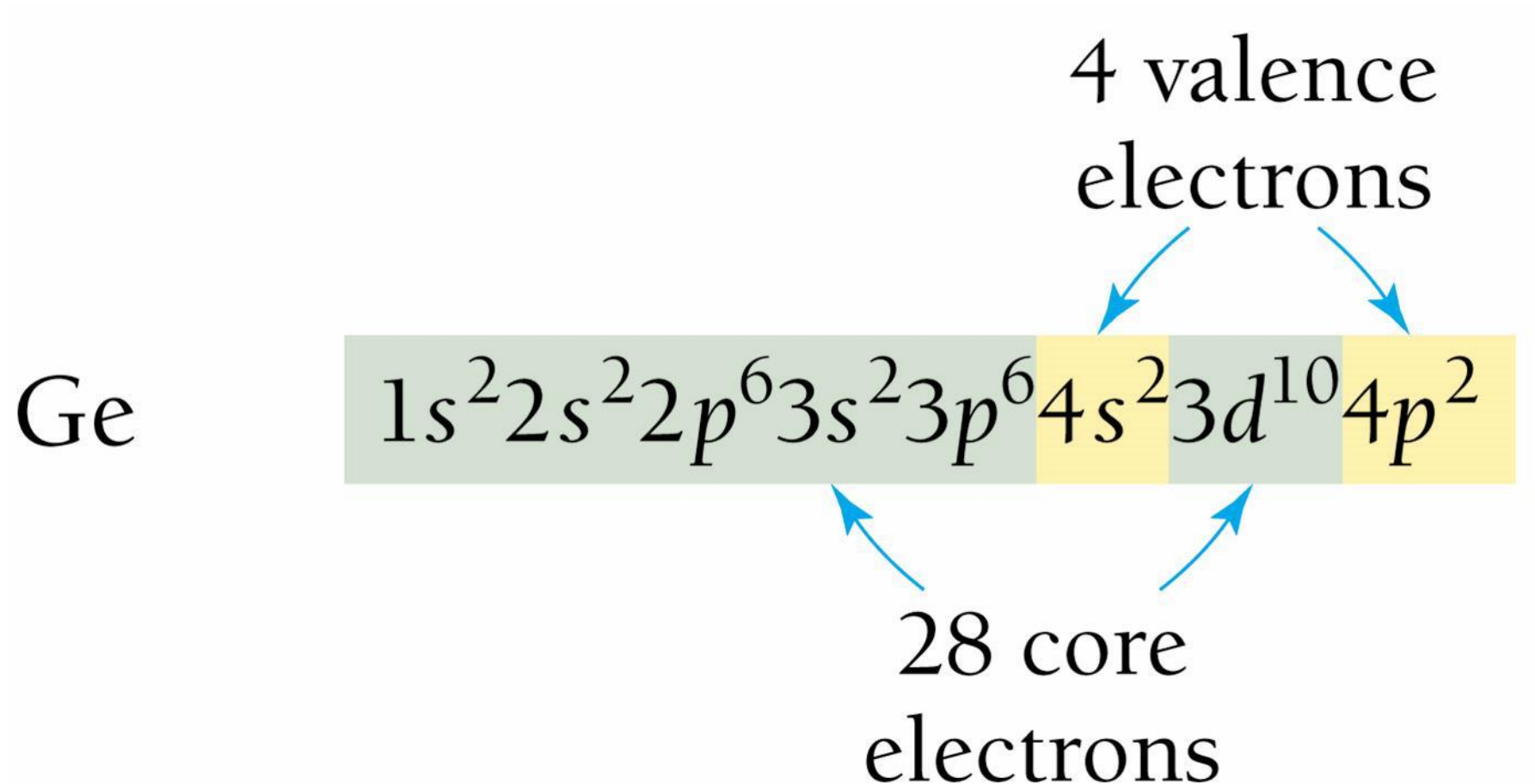
1A							8A
1 H $1s^1$							2 He $1s^2$
3 Li $2s^1$	4 Be $2s^2$	5 B $2s^2 2p^1$	6 C $2s^2 2p^2$	7 N $2s^2 2p^3$	8 O $2s^2 2p^4$	9 F $2s^2 2p^5$	10 Ne $2s^2 2p^6$
11 Na $3s^1$	12 Mg $3s^2$	13 Al $3s^2 3p^1$	14 Si $3s^2 3p^2$	15 P $3s^2 3p^3$	16 S $3s^2 3p^4$	17 Cl $3s^2 3p^5$	18 Ar $3s^2 3p^6$

Ηλεκτρόνια σθένους

- Τα ηλεκτρόνια σε όλες τις υποστιβάδες της κύριας στιβάδας με την υψηλότερη ενέργεια ονομάζονται ηλεκτρόνια σθένους
- Τα ηλεκτρόνια σθένους ενός ατόμου είναι εκείνα που είναι σημαντικά για τον χημικό δεσμό.
- Τα ηλεκτρόνια στις χαμηλότερες ενεργειακά στιβάδες ονομάζονται εσωτερικά ηλεκτρόνια
- Οι χημικές ιδιότητες ενός στοιχείου εξαρτώνται από τα ηλεκτρόνια σθένους
- Τα στοιχεία σε μια στήλη του περιοδικού πίνακα έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες: έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων σθένους.



Ηλεκτρόνια σθένους-εσωτερικά ηλεκτρόνια του Ge.



Τα στοιχεία μετάπτωσης και εσωτερικής μετάπτωσης

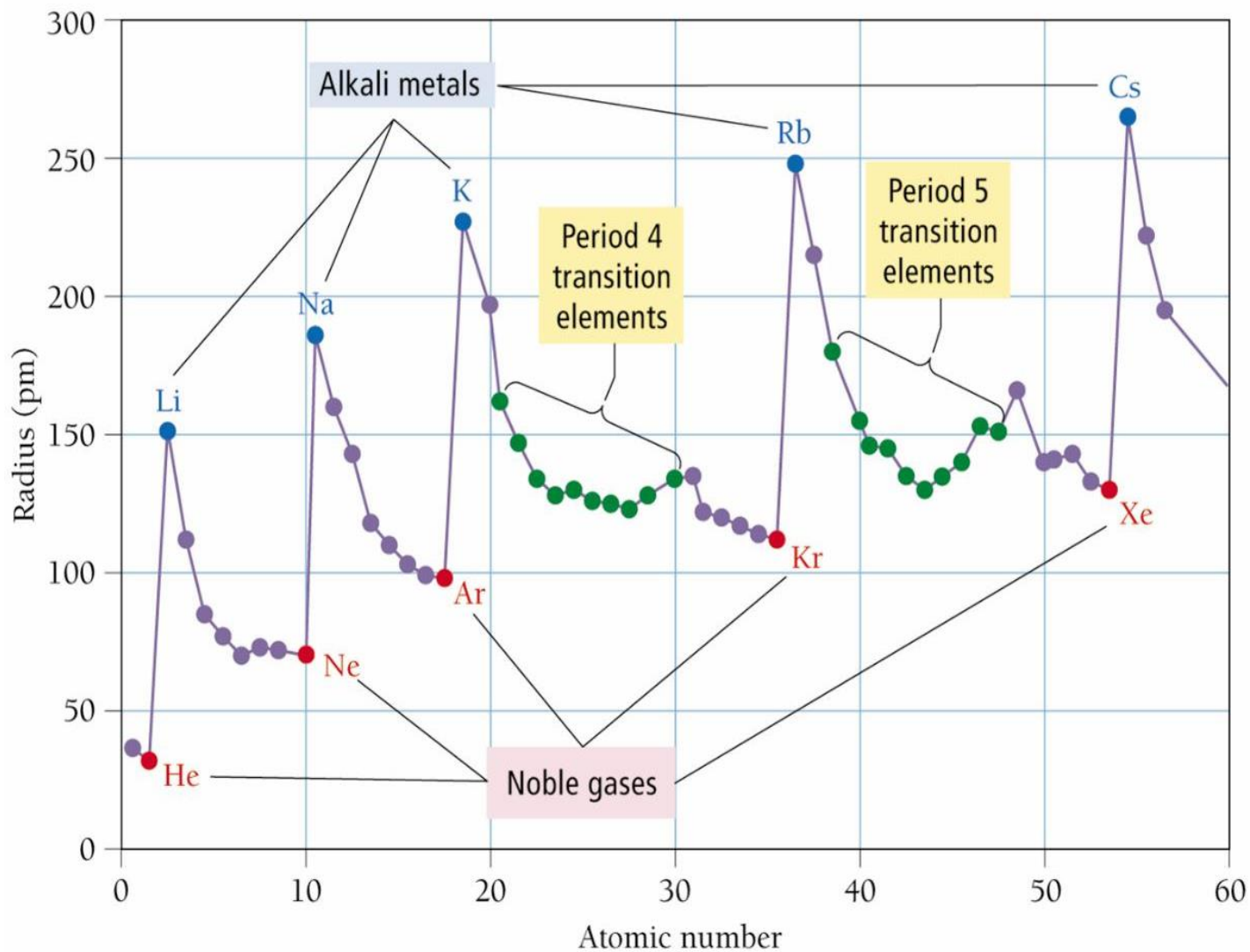
21 Sc $4s^2 3d^1$	22 Ti $4s^2 3d^2$	23 V $4s^2 3d^3$	24 Cr $4s^1 3d^5$	25 Mn $4s^2 3d^5$	26 Fe $4s^2 3d^6$	27 Co $4s^2 3d^7$	28 Ni $4s^2 3d^8$	29 Cu $4s^1 3d^{10}$	30 Zn $4s^2 3d^{10}$
39 Y $5s^2 4d^1$	40 Zr $5s^2 4d^2$	41 Nb $5s^1 4d^4$	42 Mo $5s^1 4d^5$	43 Tc $5s^2 4d^5$	44 Ru $5s^1 4d^7$	45 Rh $5s^1 4d^8$	46 Pd $4d^{10}$	47 Ag $5s^1 4d^{10}$	48 Cd $5s^2 4d^{10}$

- Ο κύριος κβαντικός αριθμός των τροχιακών d που γεμίζουν κάθε σειρά στη σειρά μεταβάσεων είναι ίσος με τον αριθμό της σειράς μείον ένα
- Στην πρώτη σειρά μετάπτωσης του τομέα d, η εξωτερική διαμόρφωση είναι $4s^2 3d^x$ με δύο εξαιρέσεις: Το Cr είναι $4s^1 3d^5$ και ο Cu είναι $4s^1 3d^{10}$.

Το κβαντομηχανικό μοντέλο -χημικές ιδιότητες των στοιχείων

8A	1A	2A	7A
2 He $1s^2$	3 Li $2s^1$	4 Be $2s^2$	9 F $2s^2 2p^5$
10 Ne $2s^2 2p^6$	11 Na $3s^1$	12 Mg $3s^2$	17 Cl $3s^2 3p^5$
18 Ar $3s^2 3p^6$	19 K $4s^1$	20 Ca $4s^2$	35 Br $4s^2 4p^5$
36 Kr $4s^2 4p^6$	37 Rb $5s^1$	38 Sr $5s^2$	53 I $5s^2 5p^5$
54 Xe $5s^2 5p^6$	55 Cs $6s^1$	56 Ba $6s^2$	85 At $6s^2 6p^5$
86 Rn $6s^2 6p^6$	87 Fr $7s^1$	88 Ra $7s^2$	
Noble gases	Alkali metals	Alkaline earth metals	Halogens

Τάση στην Ατομική Ακτίνα– Κύρια Ομάδα



Ηλεκτρονιακή διαμόρφωση ενός μονοατομικού ιόντος

- Ηλεκτρονιακή διαμόρφωση του ουδέτερου ατόμου και το φορτίο του ιόντος.

(F) $1s^2 2s^2 2p^5$

(F⁻) $1s^2 2s^2 2p^6$

(Li) $1s^2 2s^1$

(Li⁺) $1s^2 2s^0$

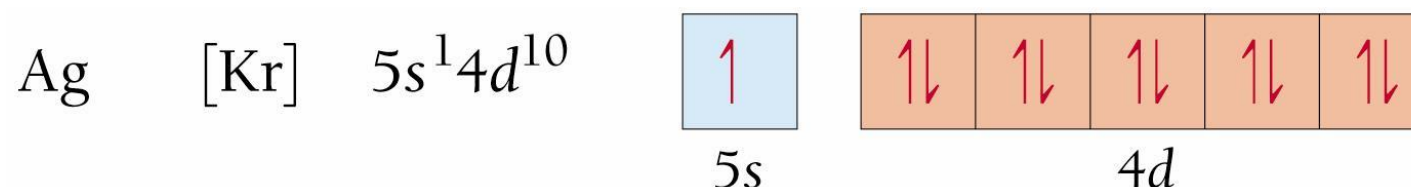
V [Ar] $4s^2 3d^3$

V²⁺, [Ar] $4s^0 3d^3$

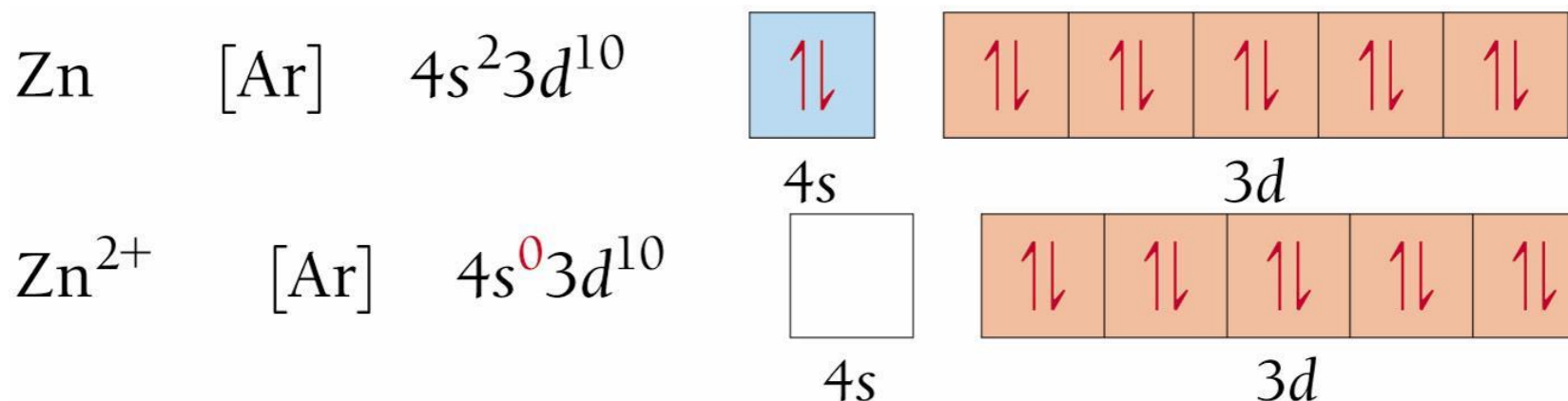
- Τα τροχιακά ns και (n - 1)d είναι εξαιρετικά κοντά σε ενέργεια και, ανάλογα με την ακριβή διαμόρφωση, μπορεί να διαφέρουν σε σχετική ενεργειακή διάταξη.
- Καθώς τα (n - 1)d τροχιακά αρχίζουν να γεμίζουν στην πρώτη σειρά μετάβασης, το αυξανόμενο πυρηνικό φορτίο σταθεροποιεί τα (n - 1)d τροχιακά σε σχέση με τα ns τροχιακά.

Μαγνητικές ιδιότητες ιόντων μετάλλων μετάπτωσης

- **Παραμαγνητικό ιόν:** Ένα ασύζευκτο ηλεκτρόνιο δημιουργεί μαγνητικό πεδίο λόγω του σπιν του

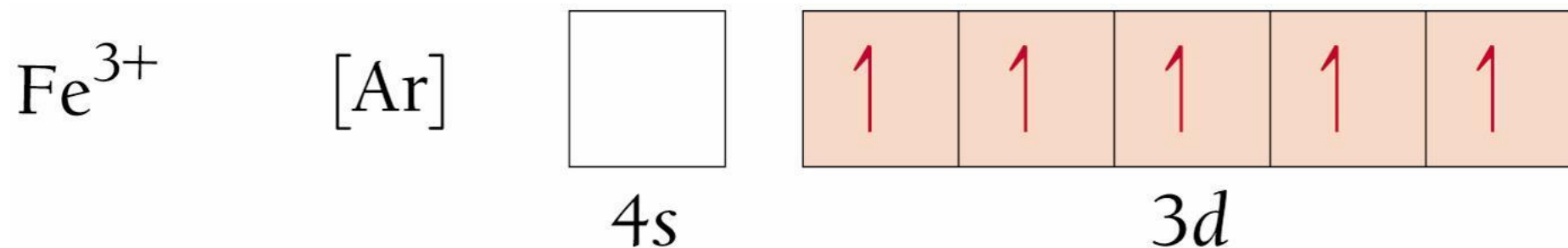


- **Διαμαγνητικό ιόν:** Ένα άτομο ή ιόν στο οποίο όλα τα ηλεκτρόνια είναι ζευγαρωμένα δεν έλκεται από ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο.



- ✓ Τα ηλεκτρόνια 4s χάνονται πράγματι πριν από τα ηλεκτρόνια 3d κατά τον ιονισμό του ψευδαργύρου.

Το Fe^{3+} είναι παραμαγνητικό ή διαμαγνητικό?



Παραμαγνητικό

Ιοντική ακτίνα κατιόντων

- Η ιοντική ακτίνα είναι πάντα μικρότερη από την ατομική ακτίνα γιατί χάνονται τα εξωτερικά ηλεκτρόνια (μικρότερη προάσπιση)
- Όσο μεγαλύτερο θετικό φορτίο τόσο μικρότερο είναι το κατιόν

Group 1A		Group 2A		Group 3A	
Li	Li ⁺	Be	Be ²⁺	B	B ³⁺
152	60	112	31	85	23
Na	Na ⁺	Mg	Mg ²⁺	Al	Al ³⁺
186	95	160	65	143	50
K	K ⁺	Ca	Ca ²⁺	Ga	Ga ³⁺
227	133	197	99	135	62
Rb	Rb ⁺	Sr	Sr ²⁺	In	In ³⁺
248	148	215	113	166	81

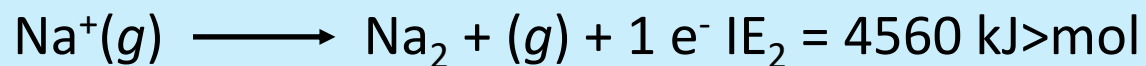
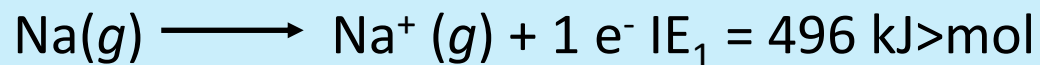
Ιοντική ακτίνα ανιόντων

- Τα επιπλέον ηλεκτρόνια αυξάνουν τις απώσεις μεταξύ των εξωτερικών ηλεκτρονίων
- Τα ανιόντα είναι πολύ μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα άτομά τους.
- Όσο μεγαλύτερο είναι το αρνητικό φορτίο τόσο μεγαλύτερο είναι το ανιόν

Group 6A		Group 7A	
O	O^{2-}	F	F^{-}
73	140	72	136
S	S^{2-}	Cl	Cl^{-}
103	184	99	181
Se	Se^{2-}	Br	Br^{-}
117	198	114	195
Te	Te^{2-}	I	I^{-}
143	221	133	216

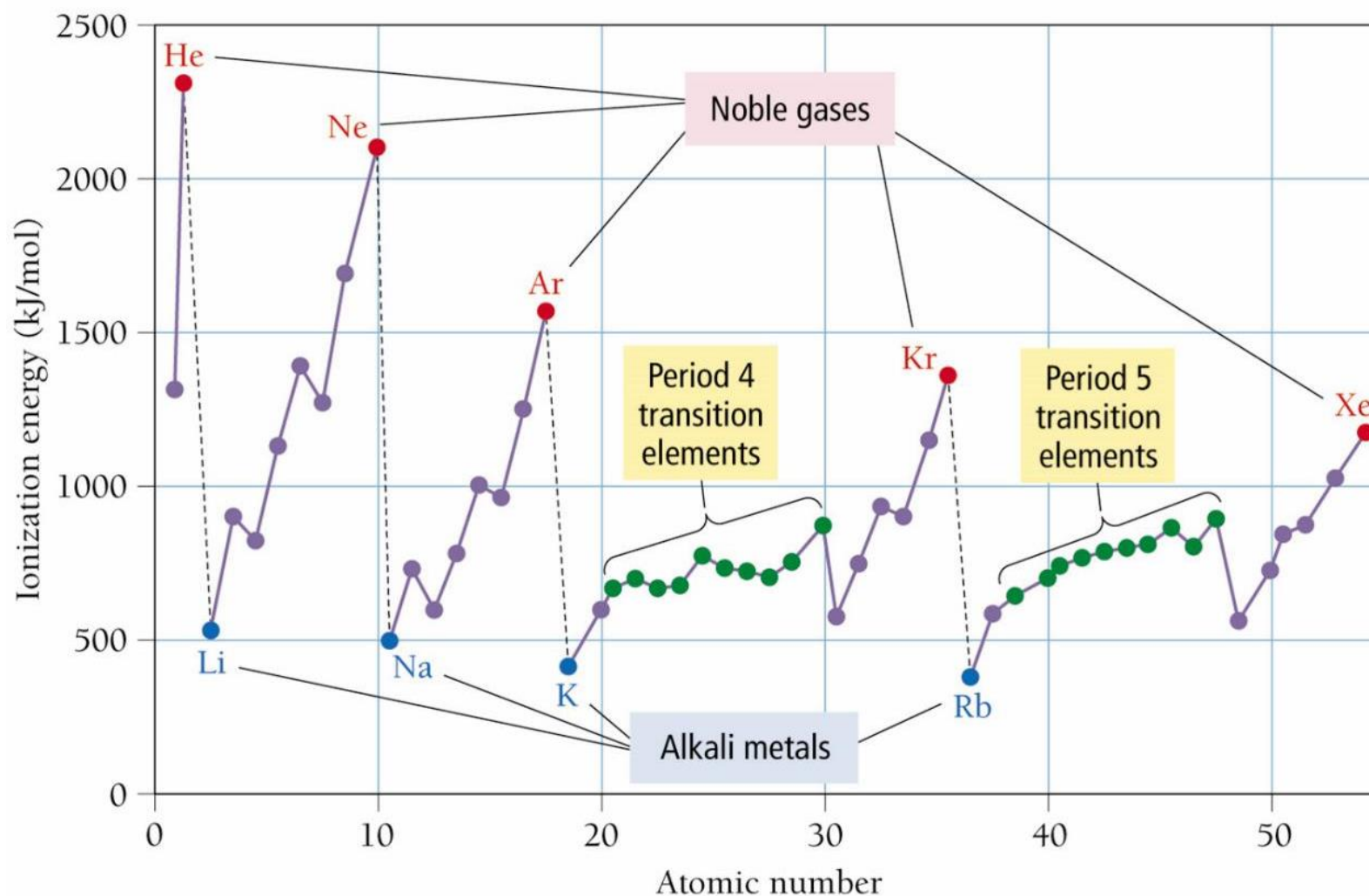
Ενέργεια ιονισμού

- Η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από ένα άτομο ή το ιόν στην αέρια κατάσταση
- Ενδόθερμη διαδικασία
- Η ενέργεια ιονισμού είναι πάντα θετική
- Η ενέργεια που απαιτείται για την απομάκρυνση του πρώτου ηλεκτρονίου είναι η πρώτη ενέργεια ιονισμού (IE_1), η ενέργεια που απαιτείται για την απομάκρυνση του δεύτερου ηλεκτρονίου είναι η δεύτερη ενέργεια ιονισμού (IE_2) κ.ο.κ



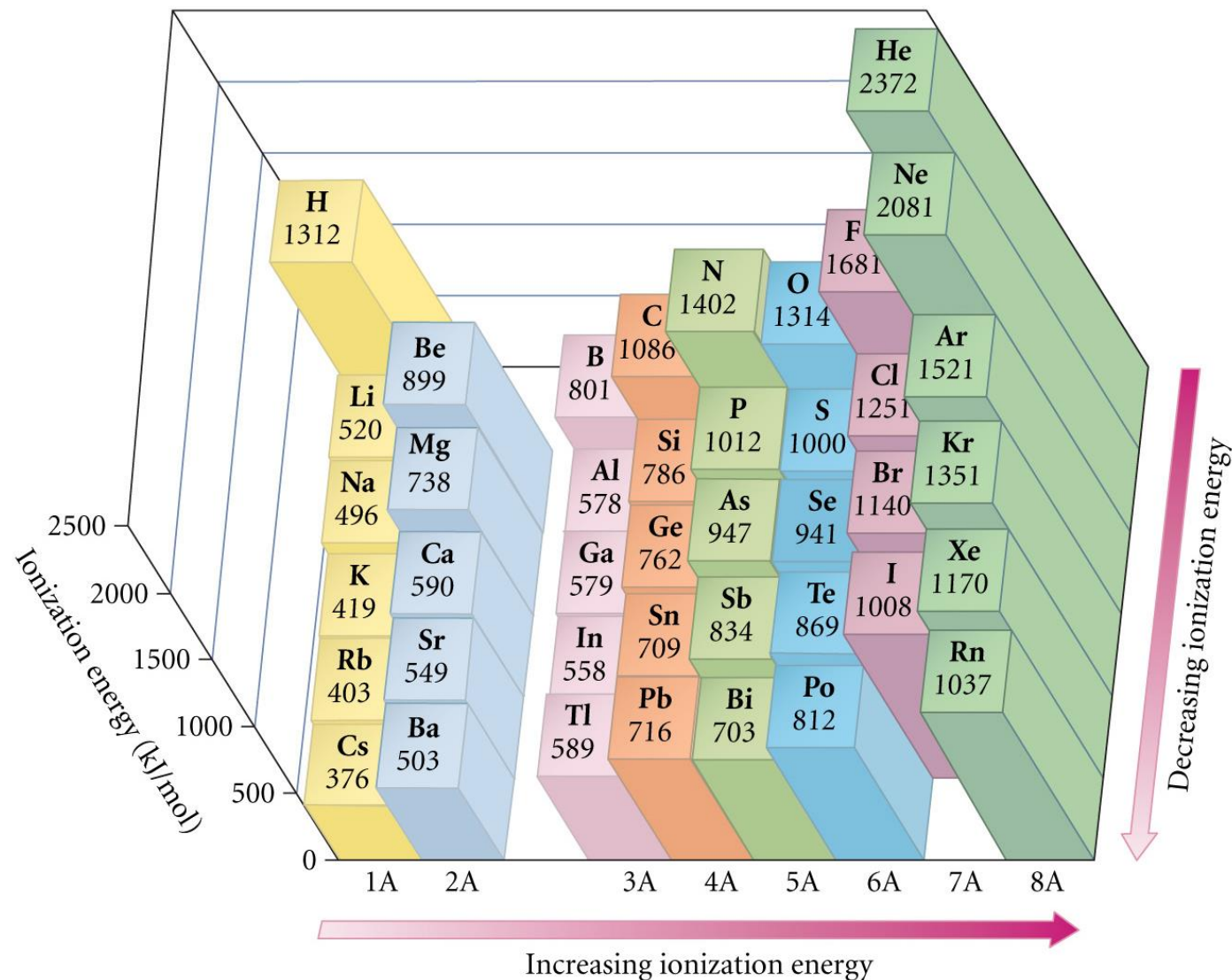
Πρώτη ενέργεια ιοντισμού (IE_1)

- Η IE_1 κορυφώνεται σε κάθε ευγενές αέριο και φτάνει στο κατώτατο σημείο σε κάθε αλκαλικό μέταλλο.



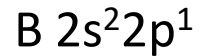
Τάσεις στην Ενέργεια Ιονισμού

- Η IE_1 γενικά μειώνεται καθώς κατεβαίνουμε προς τα κάτω σε μια στήλη (ή οικογένεια) του περιοδικού πίνακα.
- Η IE_1 γενικά αυξάνεται καθώς μετακινούμαστε προς τα δεξιά σε μια σειρά (ή περίοδο) του περιοδικού πίνακα.



Εξαιρέσεις στις τάσεις της ενέργειας πρώτου ιονισμού

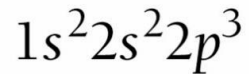
Το βόριο έχει μικρότερη ενέργεια ιοντισμού από το βηρύλλιο



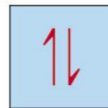
- Το τροχιακό 2p διεισδύει στην πυρηνική περιοχή λιγότερο από το τροχιακό 2s.
- Τα τροχιακά 2p έχουν υψηλότερη ενέργεια και επομένως το ηλεκτρόνιο είναι ευκολότερο να απομακρυνθεί (έχει μια χαμηλότερη πρώτη ενέργεια ιονισμού)

Το οξυγόνο έχει χαμηλότερη πρώτη ενέργεια ιονισμού από το άζωτο

N



1s



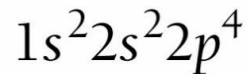
2s



2p

✓ Μισογεμάτα 2p τροχιακά, σταθερή διαμόρφωση.

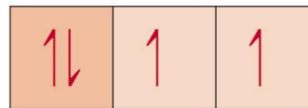
O



1s

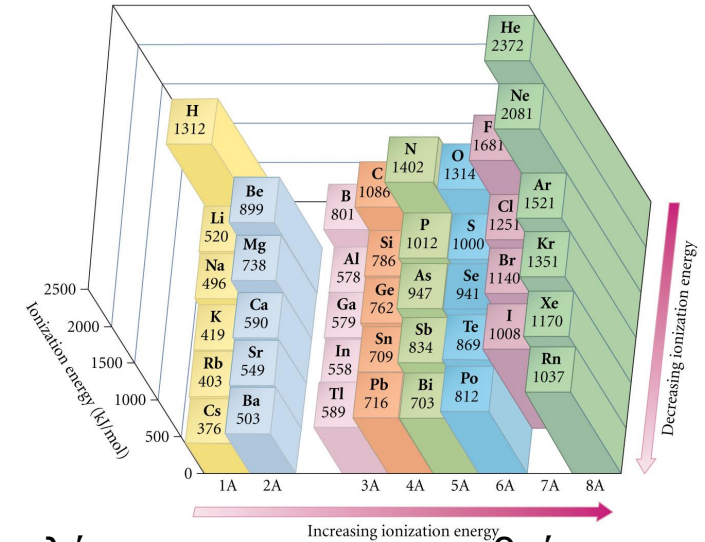


2s



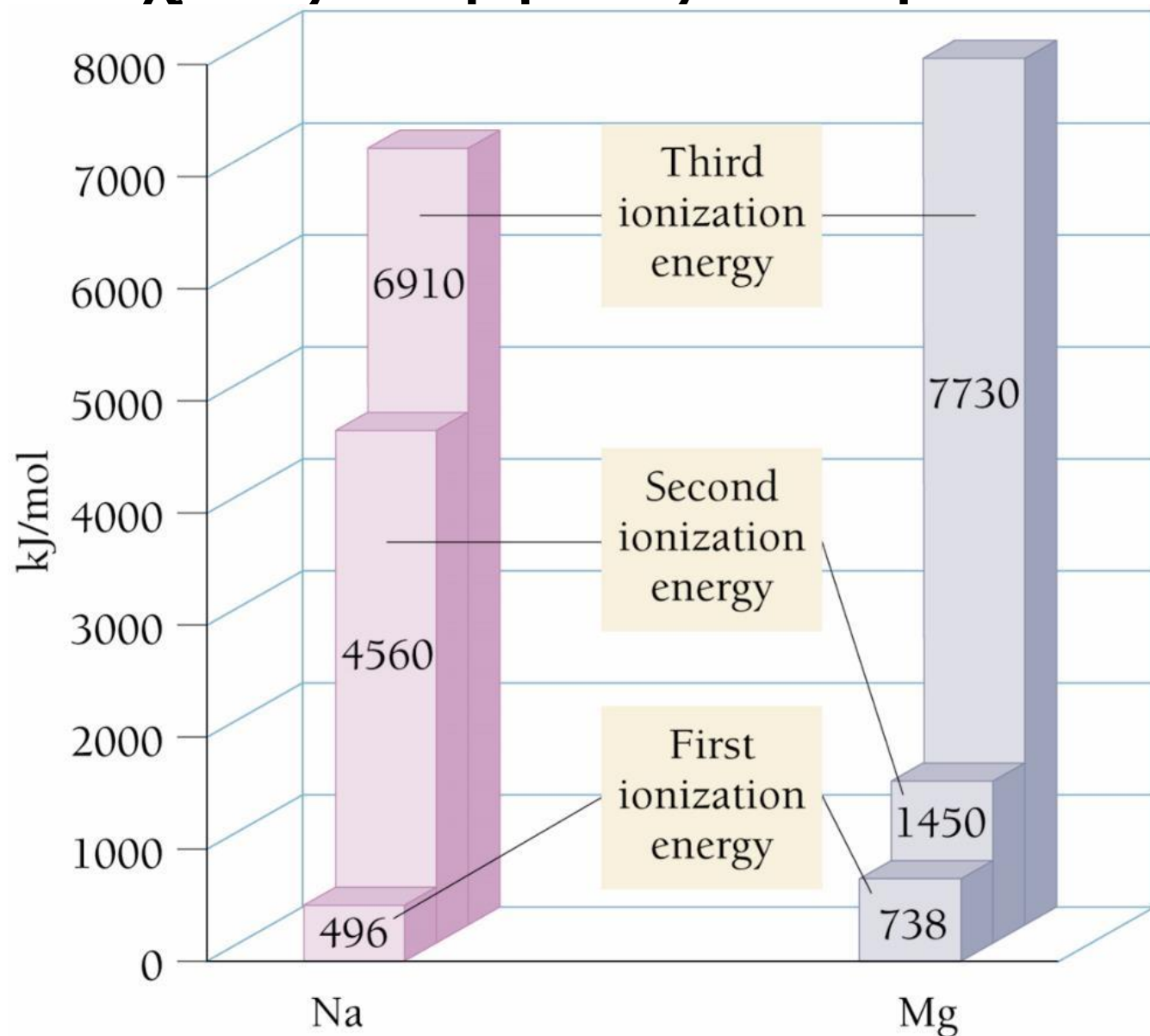
2p

✓ Ευκολότερη απομάκρυνσή του e⁻ που ζευαγρώνει με ένα δεύτερο e⁻ (λιγότερο σταθερή διαμόρφωση).



Τάσεις στις διαδοχικές ενέργειες ιονισμού

- Η απομάκρυνση περαιτέρω ηλεκτρονίων κοστίζει περισσότερη ενέργεια
- Ομαλή αύξηση της ενέργειας για κάθε διαδοχικό ηλεκτρόνιο σθένους
- Μεγάλη αύξηση της ενέργειας όταν αρχίζουν να απομακρύνονται τα εσωτερικά ηλεκτρόνια



Διαδοχικές ενέργειες ιονισμού για τα στοιχεία νάτριο έως αργό (kJ/mol)

Element	IE ₁	IE ₂	IE ₃	IE ₄	IE ₅	IE ₆	IE ₇		
Na	496	4560	Core electrons						
Mg	738	1450						7730	
Al	578	1820						2750	11,600
Si	786	1580						3230	4360
P	1012	1900	2910	4960	6270	22,200	27,100		
S	1000	2250	3360	4560	7010	8500			
Cl	1251	2300	3820	5160	6540	9460		11,000	
Ar	1521	2670	3930	5770	7240	8780	12,000		

Ηλεκτρονική συγγένεια

- Η ικανότητα ενός ατόμου (ή ιόντος) να προσλαμβάνει ηλεκτρόνια στην αέρια κατάσταση



- Η κουλομπική έλξη μεταξύ του πυρήνα ενός ατόμου και του εισερχόμενου ηλεκτρονίου έχει συνήθως ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ενέργειας καθώς το ηλεκτρόνιο κερδίζεται



- η EA μπορεί να είναι θετική ή αρνητική.



Τάσεις στην ηλεκτρονική συγγένεια

- **Μέταλλα της ομάδας 1A:** οι ΗΣ είναι πιο θετικές καθώς μετακινούμαστε προς τα κάτω στη στήλη (e- μακριά από τον πυρήνα).
- **Στοιχεία κύριας ομάδας:** η ΗΣ γίνεται γενικά πιο αρνητική (πιο εξώθερμη) καθώς κινούμαστε προς τα δεξιά σε μια σειρά του περιοδικού πίνακα
 - ✓ τα εξωτερικά ηλεκτρόνια στο χλώριο παρουσιάζουν υψηλότερο Z_{eff} από ό,τι τα εξωτερικά ηλεκτρόνια στο νάτριο, το Cl έχει πιο αρνητική ΕΑ από το Na
- **Τα αλογόνα** (ομάδα 7A) έχουν την πιο αρνητική συγγένεια ηλεκτρονίων.
- **Στοιχεία της ομάδας 5A:** ns^2np^3 εξωτερικές ηλεκτρονιακές διαμορφώσεις
 - ✓ Προσθήκη e- σε ένα ήδη κατειλημμένο τροχιακό p.
 - ✓ Άπωσηθετική ΕΑ.

1A							8A
H -73	2A	3A	4A	5A	6A	7A	He >0
Li -60	Be >0	B -27	C -122	N >0	O -141	F -328	Ne >0
Na -53	Mg >0	Al -43	Si -134	P -72	S -200	Cl -349	Ar >0
K -48	Ca -2	Ga -30	Ge -119	As -78	Se -195	Br -325	Kr >0
Rb -47	Sr -5	In -30	Sn -107	Sb -103	Te -190	I -295	Xe >0

Μεταλλικός χαρακτήρας

- Καθώς κινούμαστε προς τα δεξιά σε μια σειρά (ή περίοδο) του περιοδικού πίνακα, ο μεταλλικός χαρακτήρας μειώνεται.
- Καθώς μετακινούμαστε προς τα κάτω σε μια στήλη (ή οικογένεια) του περιοδικού πίνακα, ο μεταλλικός χαρακτήρας αυξάνεται.

Metallic character decreases

 Metals
 Metalloids
 Nonmetals

Metallic character increases

Periods	1A 1	2A 2											3A 13	4A 14	5A 15	6A 16	7A 17	8A 18
1	1 H	2 He																
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg	3B 3	4B 4	5B 5	6B 6	7B 7	8B 8	8B 9	8B 10	1B 11	2B 12	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cm	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

Lanthanides

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Actinides

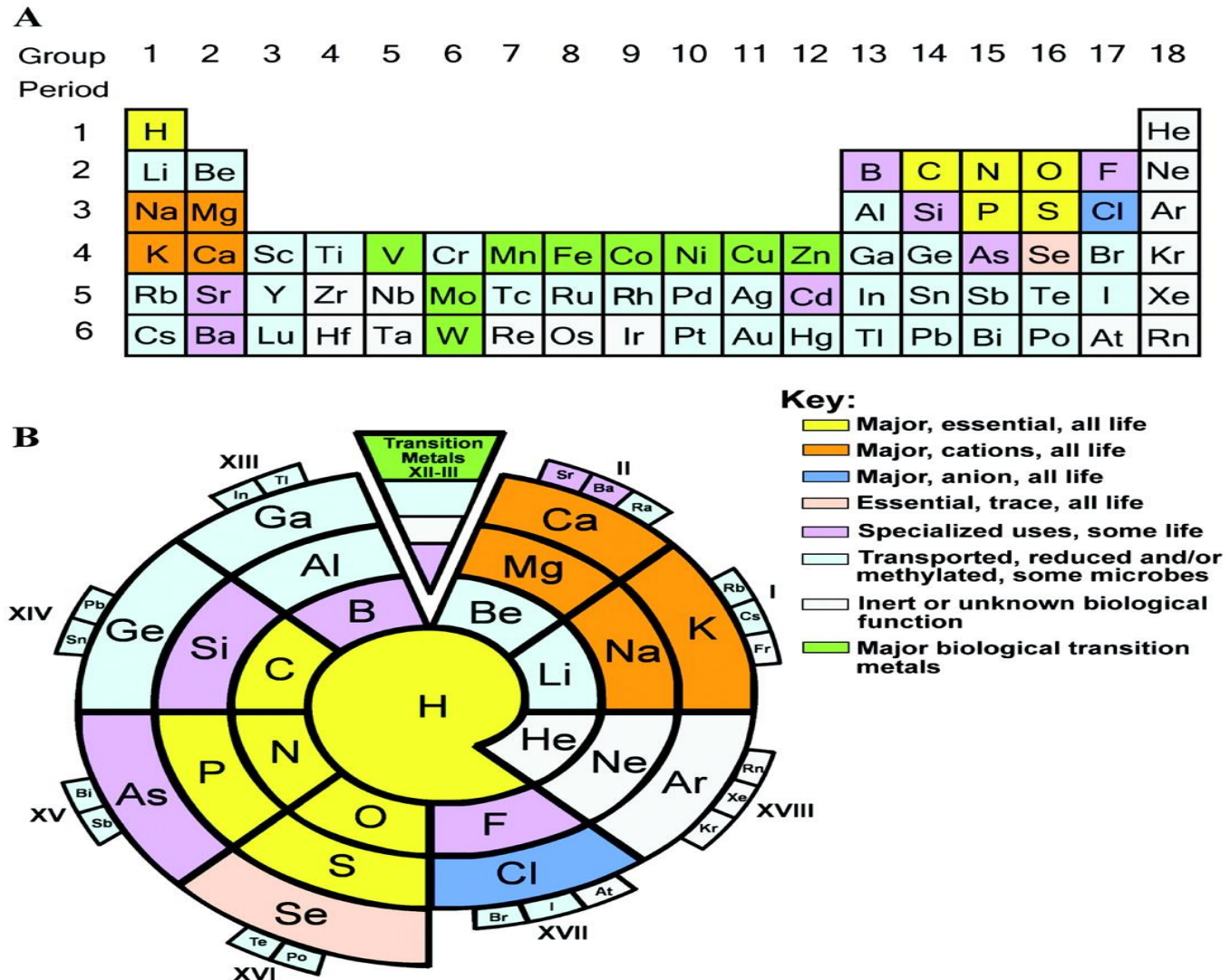
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Τα μέταλλά στην Ιατρική

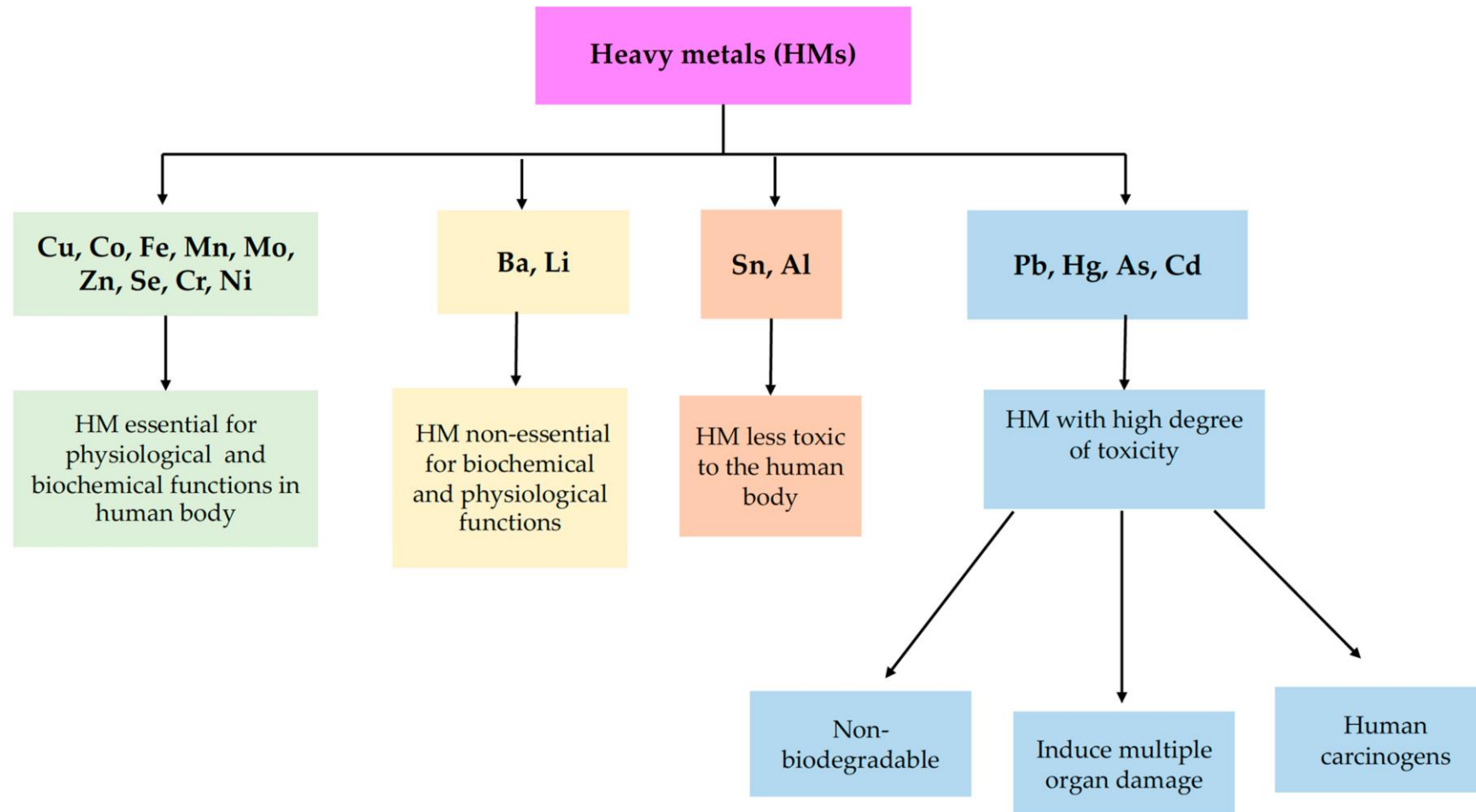
- Τα μεταλλικά ιόντα απαιτούνται για πολλές κρίσιμες λειτουργίες στον άνθρωπο.
- Η έλλειψη ορισμένων μεταλλικών ιόντων μπορεί να οδηγήσει σε ασθένειες π.χ παθολογική αναιμία λόγω έλλειψης σιδήρου, η καθυστέρηση της ανάπτυξης λόγω ανεπαρκούς διαιτητικού ψευδαργύρου και η καρδιοπάθεια στα βρέφη λόγω έλλειψης χαλκού.
- Η ικανότητα αναγνώρισης, κατανόησης σε μοριακό επίπεδο και θεραπείας ασθενειών που προκαλούνται από ανεπαρκή λειτουργία ιόντων μετάλλων αποτελεί σημαντική πτυχή της φαρμακευτικής βιοανόργανης χημείας.
- Μπορούν να προκαλέσουν τοξικότητα στον άνθρωπο π.χ δηλητήρια βαρέων μετάλλων όπως ο υδράργυρος και ο μόλυβδος, περίσσεια Fe

Βιο-περιοδικός πίνακας

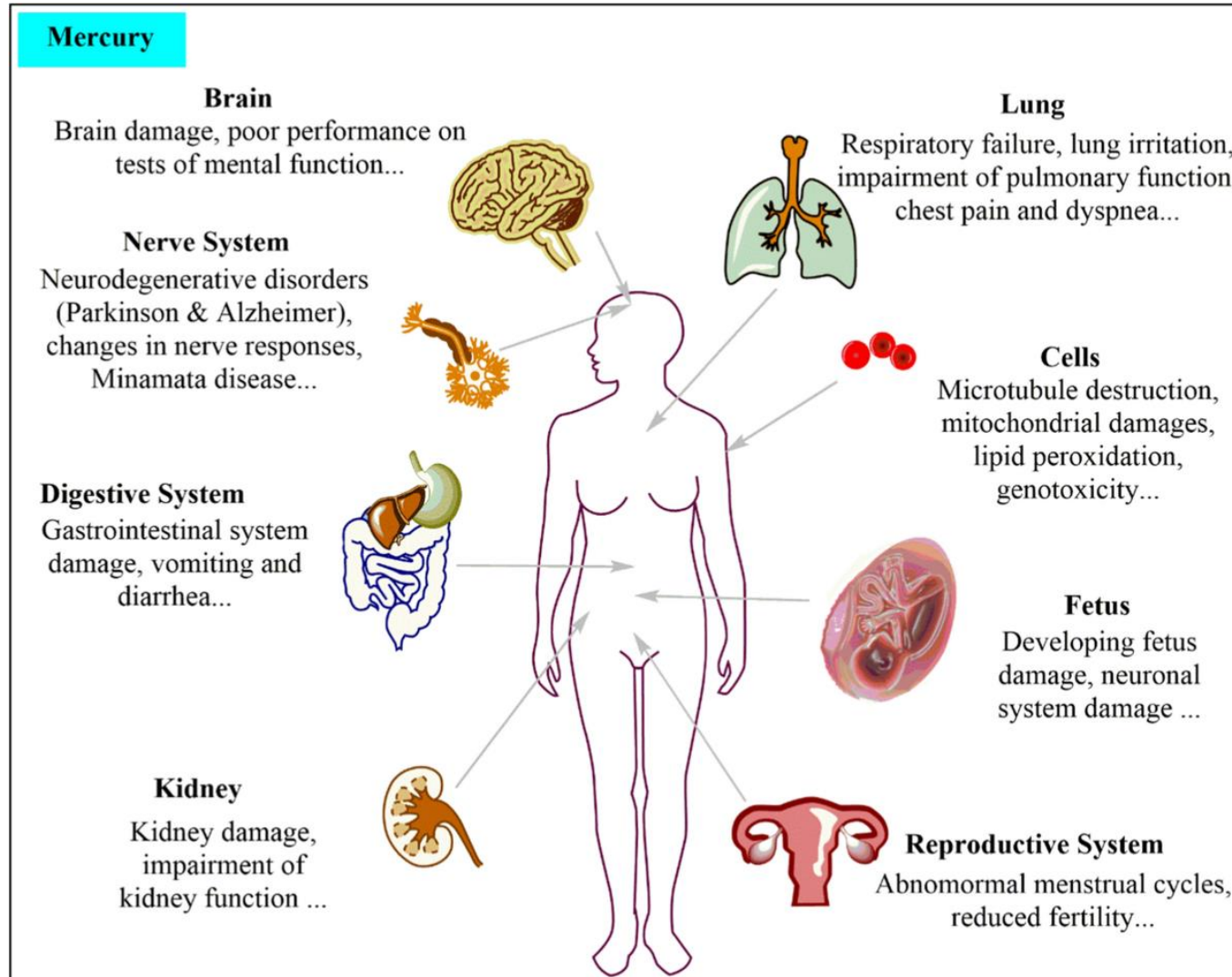
- Σπειροειδής αναπαράσταση των χημικών στοιχείων (1880)
- Απεικονίζει καλύτερα τους βιολογικούς ρόλους και τη σύνδεση των στοιχείων για τις λειτουργίες τους στους μικροοργανισμούς.



Ταξινόμηση των βαρέων μετάλλων με βάση το ρόλο τους στον ανθρώπινο οργανισμό.

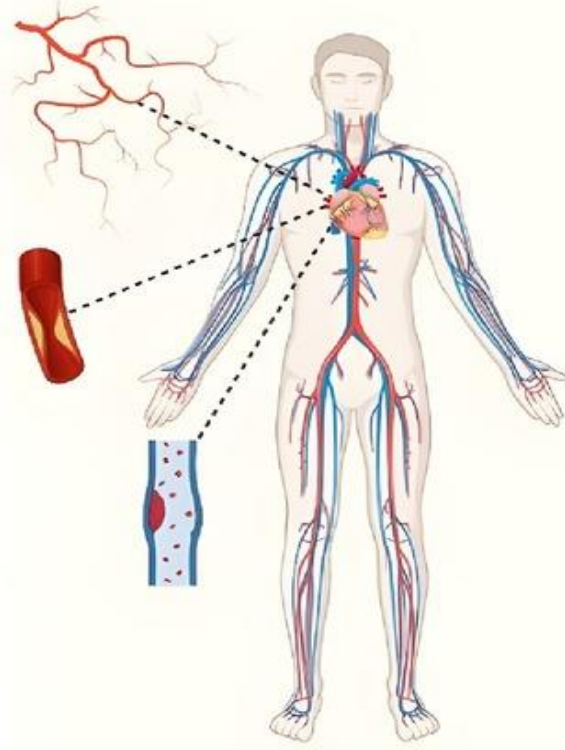


Τοξικότητα των βαρέων μετάλλων στην ανθρώπινη υγεία

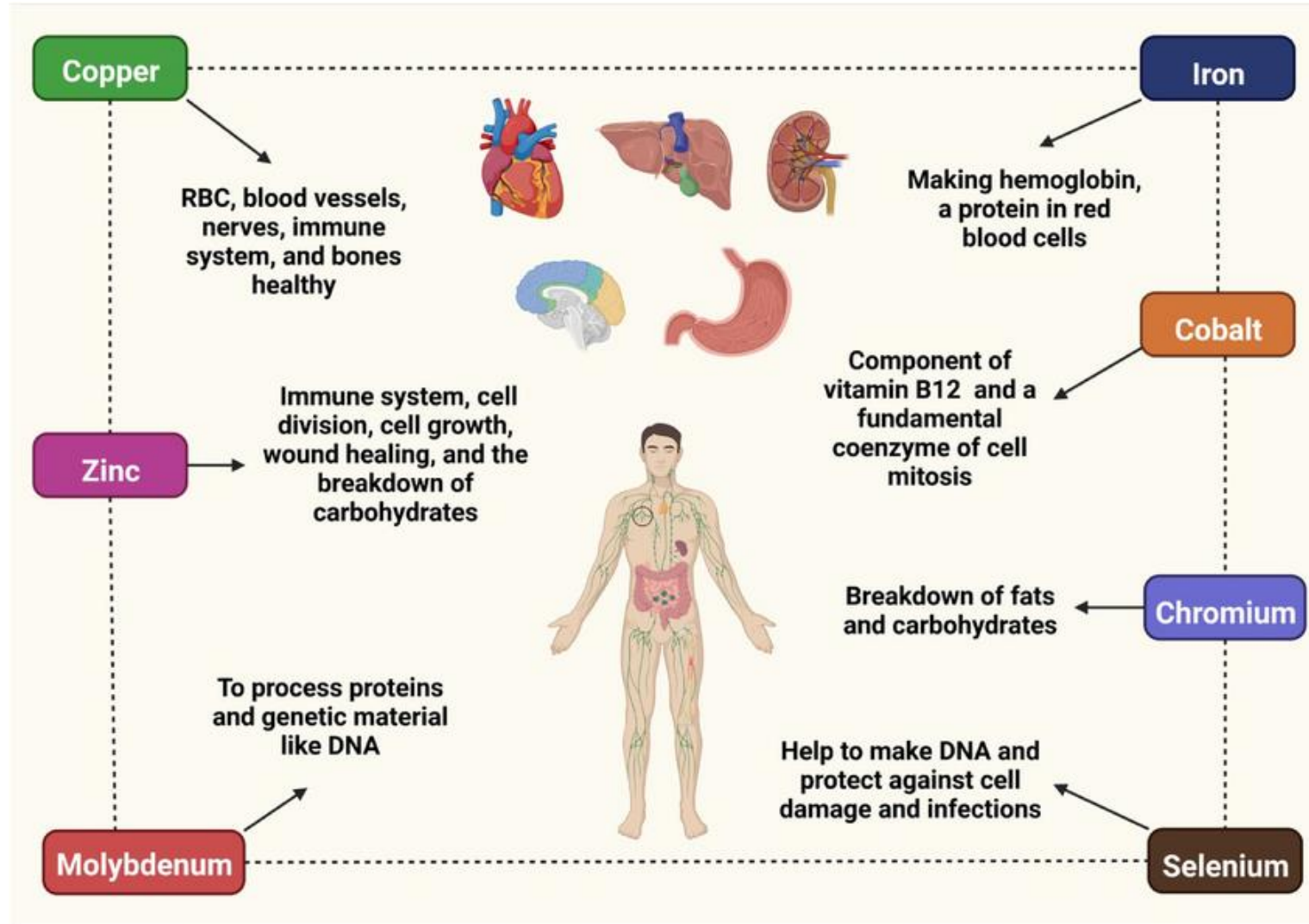


Συσχέτιση βαρέων μετάλλων με την ανάπτυξη καρδιαγγειακών νοσημάτων

Metal		Disease
Cd		• Atherosclerosis • Ischemic heart disease (IHD) • Coronary heart disease (CAD) • Dilated cardiomyopathy (DCM) • Heart failure (HF) • Hypertension • Stroke
Hg		• Atherosclerosis • Ischemic heart disease (IHD) • Myocardial infarction • Endothelial dysfunction • Thrombosis • Hypertension • Stroke
As		• Atherosclerosis • Coronary heart disease (CAD) • Peripheral arterial disease (PAD) • Myocardial infarction • Endothelial dysfunction • Thrombosis • Hypertension • Stroke
Pb		• Atherosclerosis • Coronary heart disease (CAD) • Peripheral arterial disease (PAD) • Endothelial dysfunction • Heart failure (HF) • Hypertension • Stroke



Ο ρόλος των ιχνοστοιχείων στην ανθρώπινη υγεία.



Σίδηρος

Ο σίδηρος (Fe) είναι απαραίτητο στοιχείο:

- την ερυθροποίηση,
- την κυτταρική αναπνοή,
- τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση,
- τη ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης,
- την κυτταρική σηματοδότηση,
- ανοσολογικές λειτουργίες.

Ανάγκες σε σιδηρο

Πρόσληψη σιδήρου

- Η μέση διατροφή έχει 10-15 mg/μέρα και απορροφάται το 10%
- Σε φυσιολογικές συνθήκες, η ημερήσια πρόσληψη είναι περίπου 1 mg και είναι ίση με τις ημερήσιες απώλειες.

Απώλειες σιδήρου

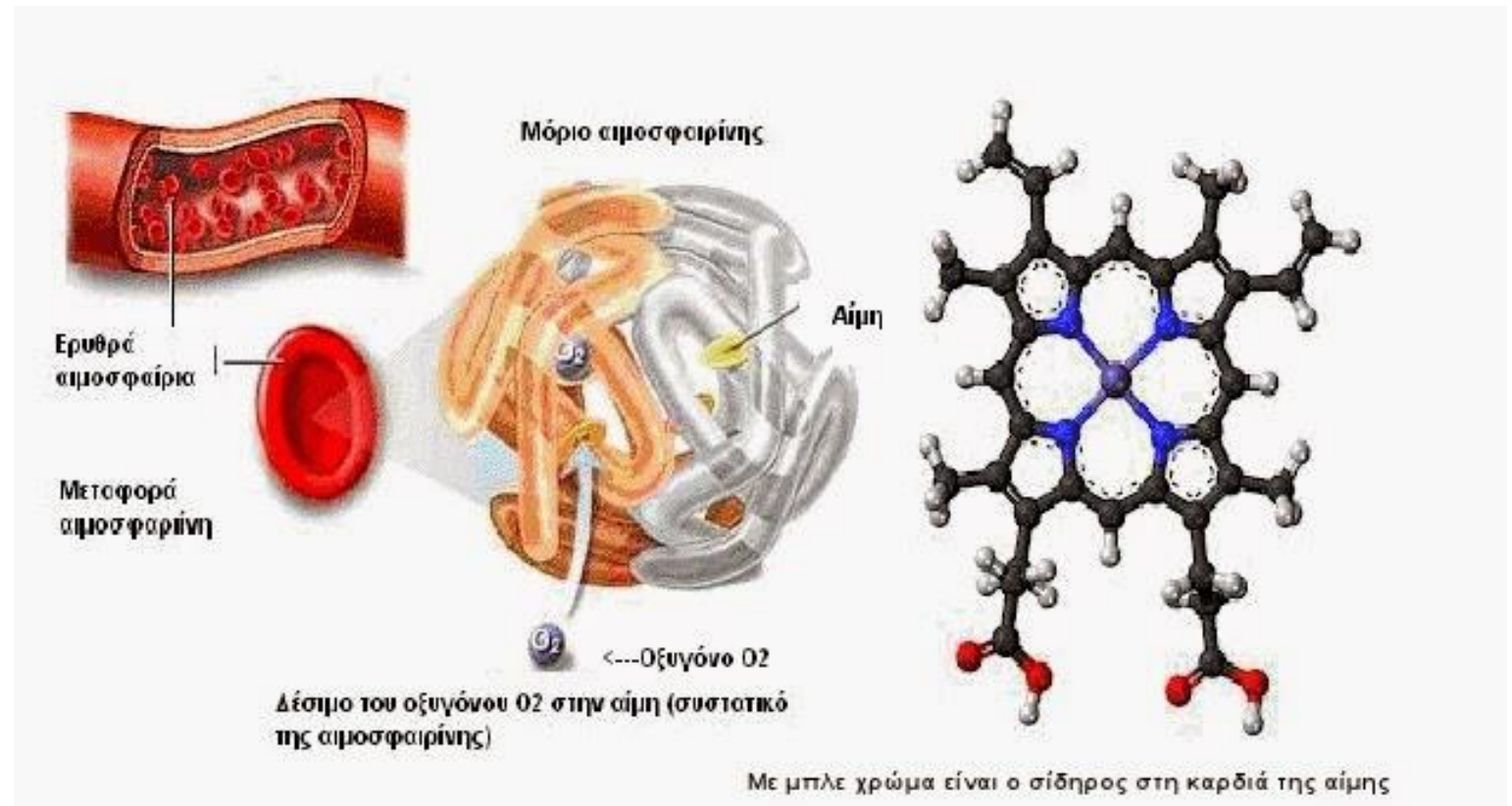
- Ημερήσιες απώλειες οφείλονται στην καθημερινή απόπτωση (θάνατο) κυττάρων του εντερικού βλεννογόνου και του δέρματος.
- Απώλειες: Οι άνδρες χάνουν 1 mg/μέρα
οι γυναίκες χάνουν 1,5-2 mg/μέρα

Διαταραχή ισοζυγίου Fe

- Η έλλειψη σιδήρου, ιδίως κατά τα δύο πρώτα έτη της ζωής, επηρεάζει την πνευματική και σωματική ανάπτυξη των παιδιών και μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τις γνωστικές και κινητικές λειτουργίες.
- Στους ηλικιωμένους, η έλλειψη σιδήρου μπορεί να οδηγήσει σε κακή σωματική απόδοση και ανεπιθύμητες επιπλοκές στην εγκυμοσύνη.
- Η περίσσεια σιδήρου μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα παρεγχυματικά όργανα, ιδίως στο ήπαρ, την καρδιά και το πάγκρεας.

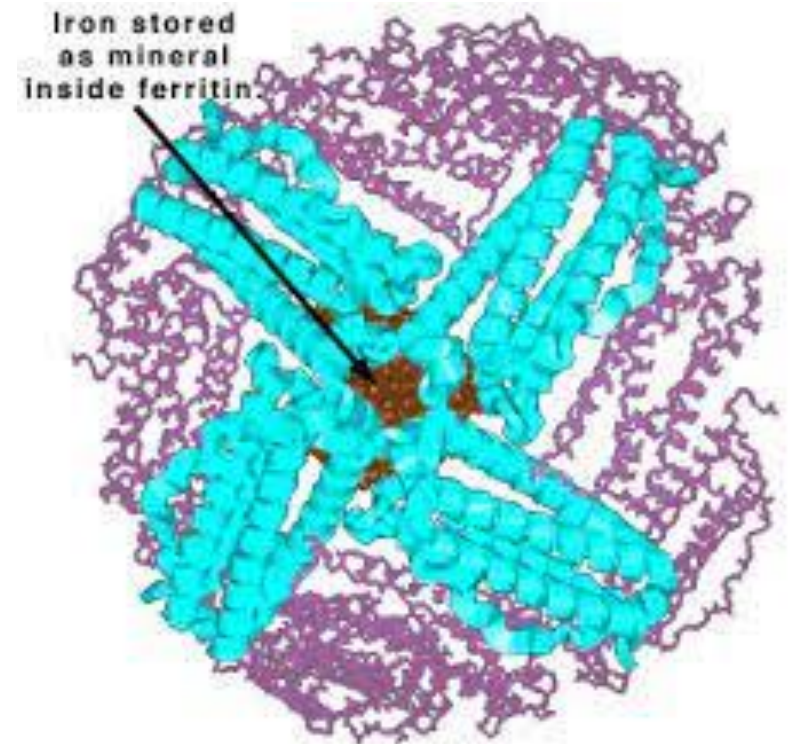
Λειτουργική μορφή Fe

- Η λειτουργική μορφή είναι κυρίως η αίμη που δεσμεύει το σίδηρο στην αιμοσφαιρίνη (περίπου 75% του συνολικού Fe). Ένα μικρότερο μέρος του αιμικού σιδήρου βρίσκεται στη μυοσφαιρίνη των μυών, στα ένζυμα που περιέχουν Fe (π.χ. καταλάση) και στα κυτοχρώματα.



Αποθηκευτική μορφή Fe

- Η **αποθηκευτική μορφή** (περίπου 25% του συνολικού σιδήρου) αποτελείται από τη φερριτίνη και την αιμοσιδηρίνη της πρωτεΐνης, που βρίσκονται σε κάθε κύτταρο, αλλά κυρίως στα μακροφάγα του ήπατος, του σπλήνα και του μυελού των οστών, καθώς και στα εντεροκύτταρα.
- Ένα μόριο φερριτίνης συγκρατεί έως και 4 000 άτομα Fe^{3+} .
- Η φερριτίνη αποθηκεύεται στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων.



Κατανομή στον οργανισμό

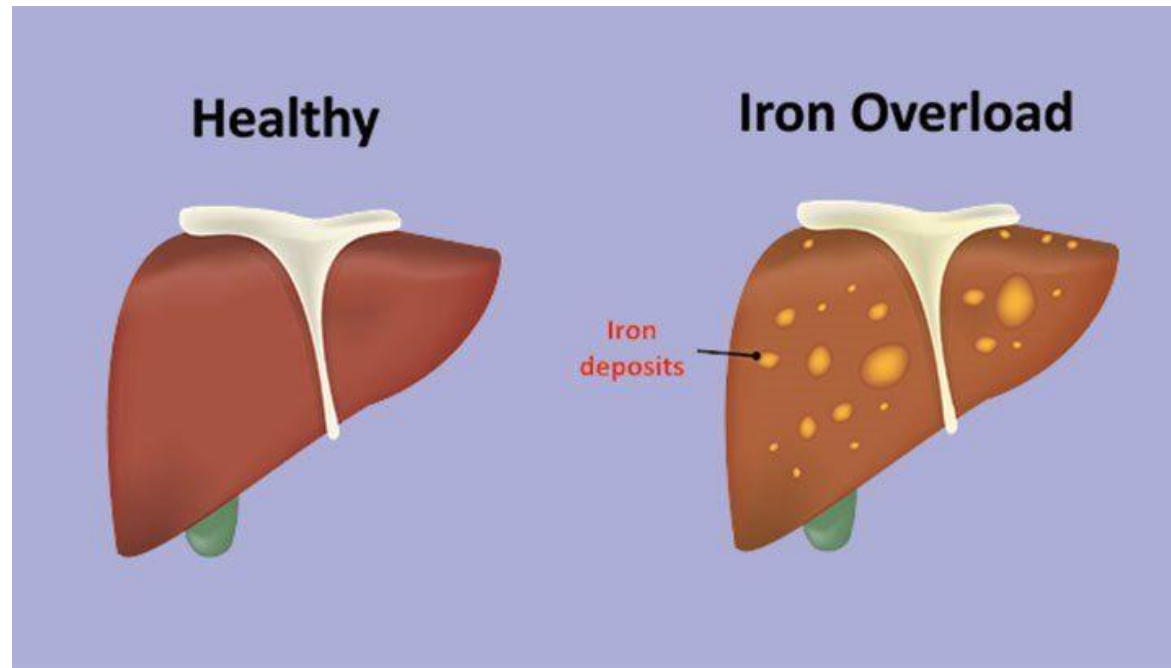
- **75-90% στα ερυθρά**: Το μεγαλύτερο μέρος, περίπου 75-90% του συνολικού, βρίσκεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Σε 1 ml συμπυκνωμένων ερυθρών υπάρχει περίπου 1 mg σίδηρος.
- **6% στη μυοσφαιρίνη**: Περίπου 6% του συνόλου βρίσκεται στη μυοσφαιρίνη και σε ορισμένα άλλα ένζυμα (καταλάση, κυτόχρωμα κλπ)
- **Το υπόλοιπο** βρίσκεται αποθηκευμένο στο μυελό των οστών, στα ηπατοκύτταρα και τα μακροφάγα, με μορφή φεριτίνης και αιμοσιδηρίνης.
- **Στο πλάσμα** βρίσκεται το 0,1% συνδεδεμένο με τρανσφερίνη

Ανεπάρκεια σιδήρου

- Η ανεπάρκεια σιδήρου (σιδεροπενία) είναι η πιο διαδεδομένη μορφή διατροφικής ανεπάρκειας παγκοσμίως και προκαλεί το 50% όλων των αναιμιών.
- Η σιδεροπενία εμφανίζεται ως αποτέλεσμα:
 - ανεπαρκούς διαιτητικής πρόσληψης σιδήρου,
 - συμπεριλαμβανομένης της χαμηλής βιοδιαθεσιμότητάς του με υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες και φυτικά άλατα στα τρόφιμα,
 - διαταραχές απορρόφησης (σύνδρομο δυσαπορρόφησης και καταστάσεις μετά από χειρουργική επέμβαση στο έντερο),
 - αυξημένες απώλειες σιδήρου.

Περίσσεια σιδήρου

- Η περίσσεια σιδήρου δεν είναι τόσο συχνή όσο η έλλειψη σιδήρου.
- Οι πιο συχνές αιτίες είναι η χρόνια αυξημένη πρόσληψη από το στόμα ή παρεντερικά και η αυξημένη απορρόφηση στα εντεροκύτταρα σε γενετικά καθορισμένη αιμοχρωμάτωση.
- Εάν ο κορεσμός της τρανσφερίνης αυξηθεί πάνω από 35 - 40%, ένα μέρος του κυκλοφορούντος σιδήρου υπάρχει σε δυνητικά τοξική μορφή - σε σύμπλοκα με κιτρικό άλας ή αλβουμίνη.
- Ο σίδηρος μπορεί να προκαλέσει βλάβη ή ακόμη και οργανική ανεπάρκεια.

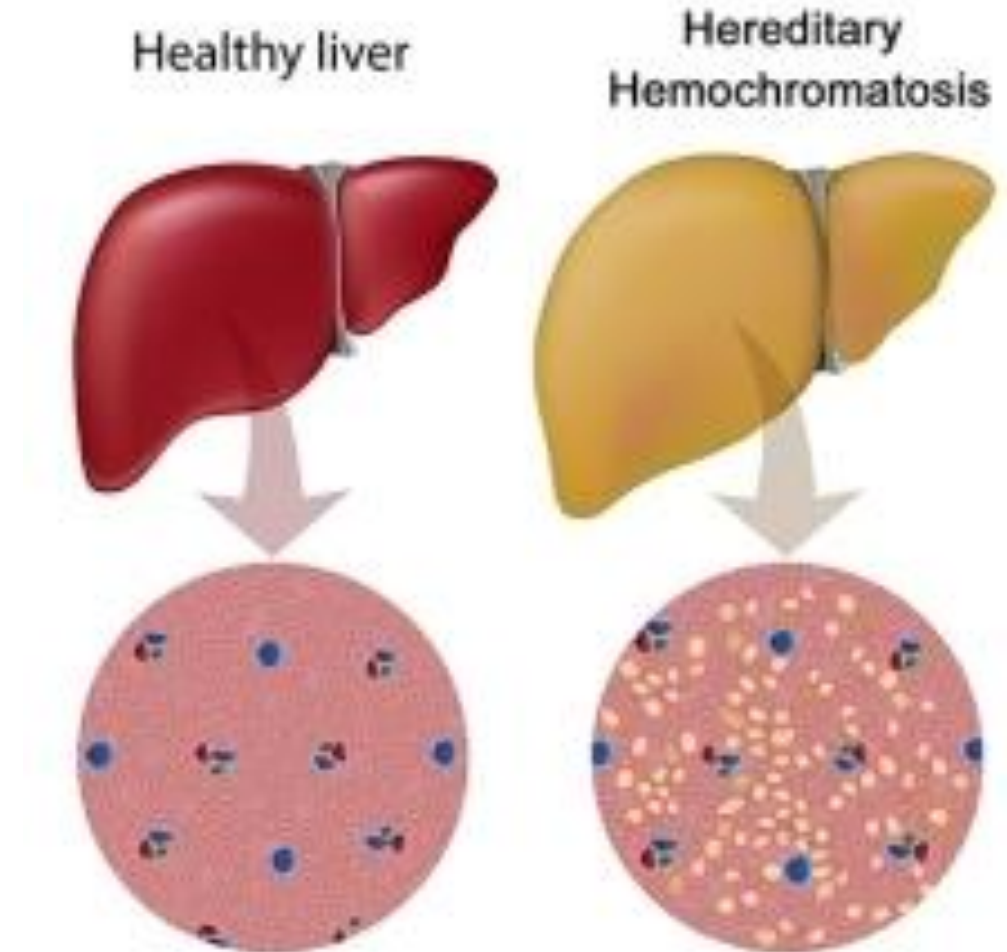


Αιμοσιδήρωση - Αιμοχρωμάτωση

- Η αύξηση της ποσότητας του σιδήρου που είναι αποθηκευμένος στο σώμα ονομάζεται αιμοσιδήρωση. Το πλεόνασμα είναι ορατό στο μικροσκόπιο, ως αιμοσιδηρίνη.
- Μπορεί να είναι πρωτοπαθής (κληρονομική αιμοχρωμάτωση) ή δευτεροπαθής.

Κληρονομική αιμοχρωμάτωση

- Είναι η συχνότερη αυτοσωμική υπολειπόμενη νόσος στους λευκούς, με συχνότητα εμφάνισης 1 στα 300 έως 500 άτομα.
- Η μορφή τύπου 1 προκύπτει από μετάλλαξη στο γονίδιο HFE (Human homeostatic iron regulator protein)
- Τα όργανα που επηρεάζονται από την αιμοχρωμάτωση περιλαμβάνουν το ήπαρ (κίρρωση), το πάγκρεας ("χάλκινο" DM), την καρδιά (μυοκαρδιοπάθεια), τις αρθρώσεις (χονδροασβεστίωση), το δέρμα, τα ενδοκρινικά όργανα (ατροφία των όρχεων, του θυρεοειδούς και της υπόφυσης).

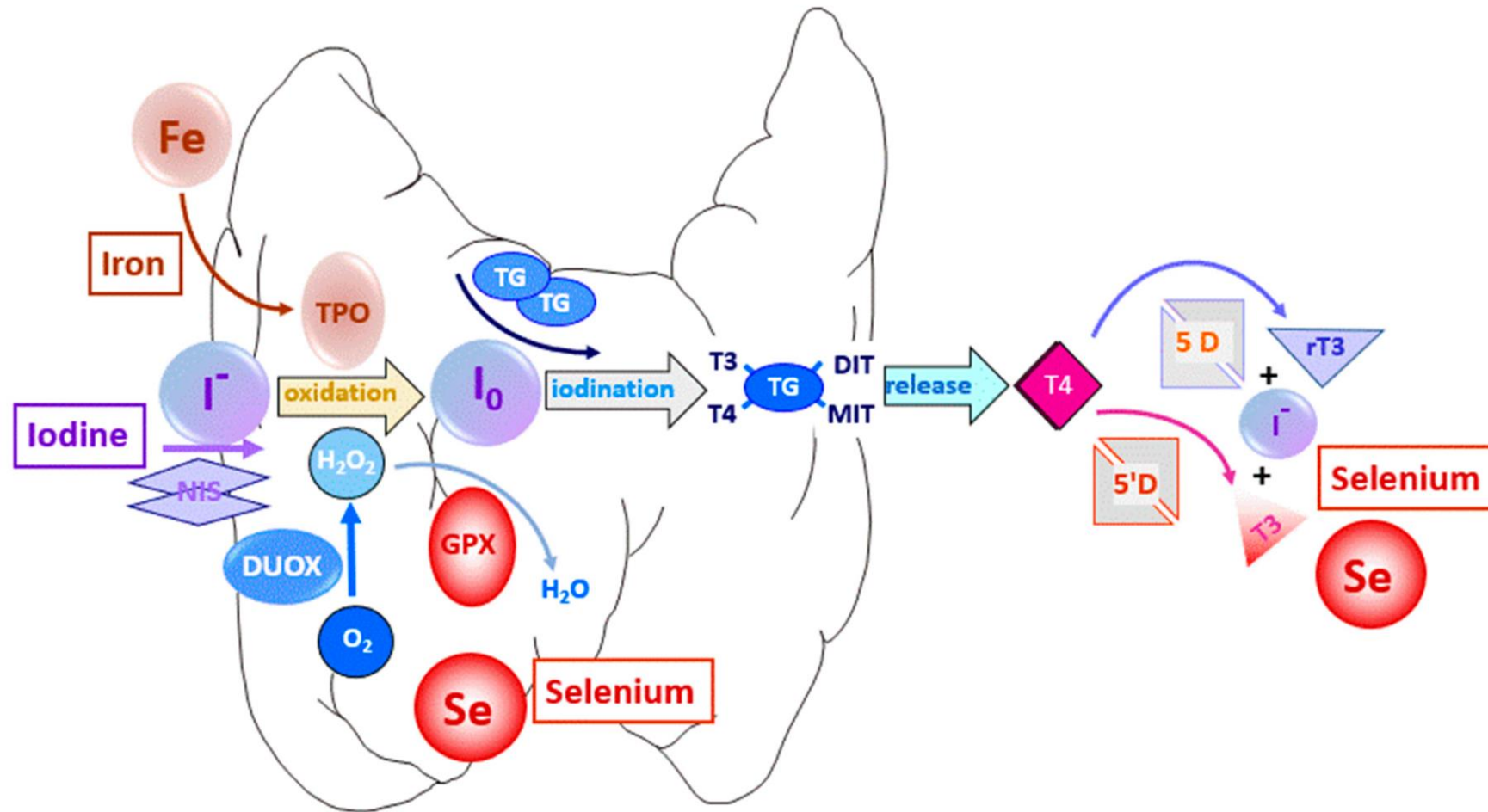


Το ιώδιο

- Το ιώδιο ανήκει στα ιχνοστοιχεία και το λαμβάνουμε από τη διατροφή μας.
- Το ιώδιο είναι απαραίτητο για τη σωστή λειτουργία του θυρεοειδούς αδένος
- Απορροφάται και μεταφέρεται στο θυρεοειδή αδένος
- Σύνθεση θυρεοειδών ορμονών, τριιωδοθυρονίνη και θυροξίνη
- Ρύθμιση βασικών μεταβολικού ρυθμού ενηλίκων και ανάπτυξη παιδιών
- Το ένα τρίτο του πληθυσμού παγκοσμίως, αντιμετωπίζει έλλειψη ιωδίου

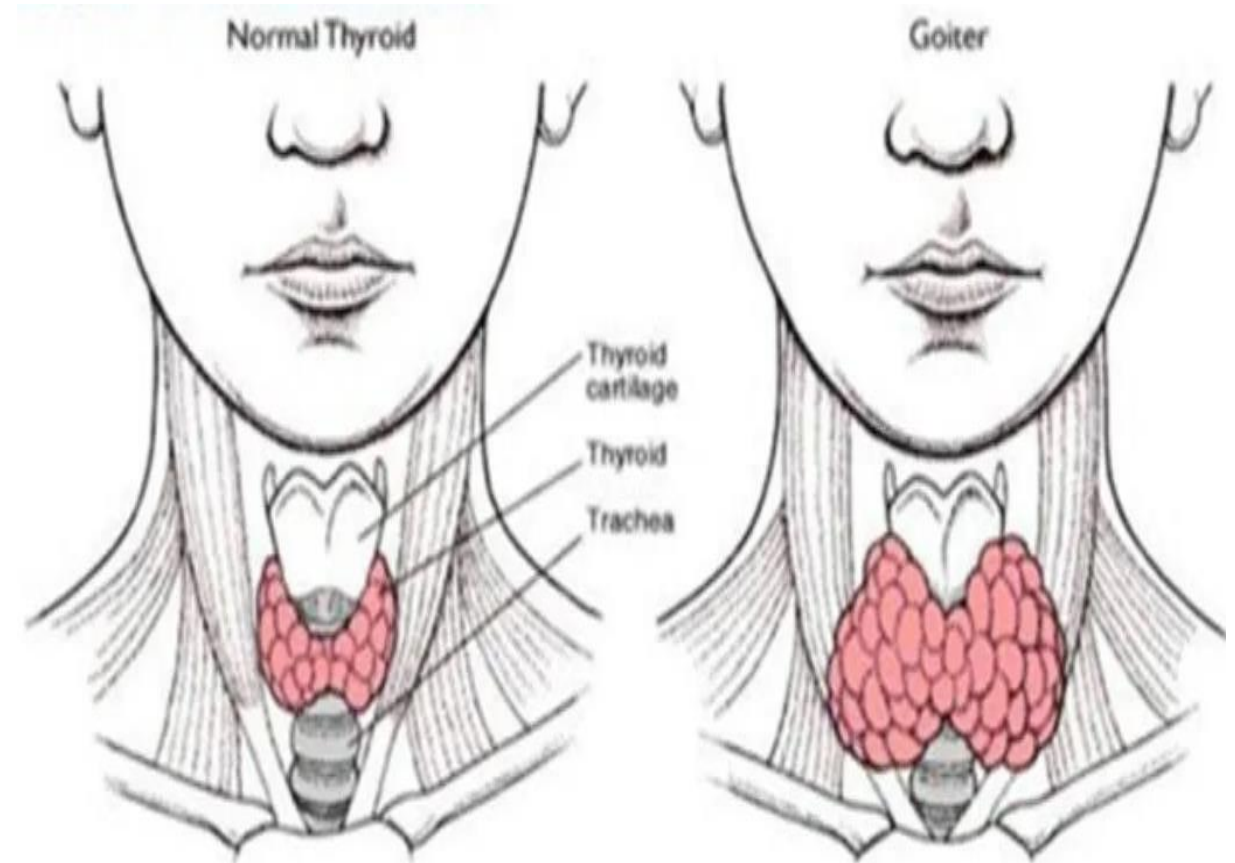


Ρόλος των τριών ιχνοστοιχείων ιώδιο, σελήνιο και σίδηρος στη βιοσύνθεση και ενεργοποίηση της θυρεοειδικής ορμόνης



Βρογχοκήλη

- Η ανεπάρκεια ιωδίου μπορεί επίσης να οδηγήσει σε διόγκωση του θυρεοειδούς αδένος, γνωστή ως βρογχοκήλη.
- Ο θυρεοειδής αδένος προσπαθεί να αντισταθμίσει την έλλειψη ιωδίου αυξάνοντας το μέγεθός του.
- Η βρογχοκήλη μπορεί να προκαλέσει πρήξιμο στο λαιμό, δυσκολία στην κατάποση ή την αναπνοή και ένα ορατό εξόγκωμα.



Ψευδάργυρος (Zn)

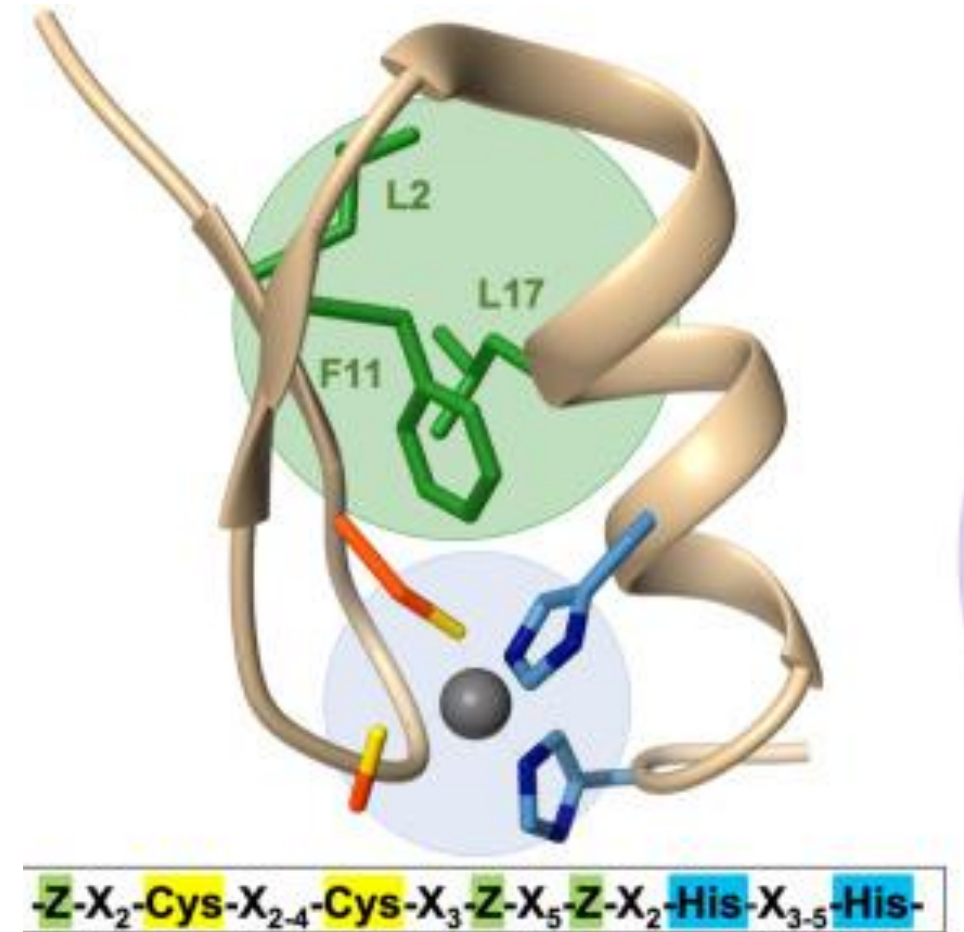
- Ένεργό κέντρο >300 μεταλλοένζυμα π.χ RNA/DNA πολυμεράσες, αλκαλική φωσφατάση, καρβονική ανυδράση
- Δακτύλιοι Zn, δομική σταθερότητα σε μεγάλο αριθμό πρωτεϊνών
- Διαδραματίζει βασικό ρόλο στην υγεία του δέρματος, τη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και την ανάπτυξη των κυττάρων και μπορεί να προστατεύει από την ακμή, τη φλεγμονή και άλλες παθήσεις.
- Σημαντικός για την επούλωση των πληγών και την αίσθηση της γεύσης και της όσφρησης.
- Το σώμα σας δεν παράγει φυσικά ψευδάργυρο και θα πρέπει να λαμβάνεται μέσω των τροφίμων ή των συμπληρωμάτων.
- Η συνιστώμενη ημερήσια ποσότητα ψευδαργύρου είναι 8 χιλιοστόγραμμα (mg) για τις γυναίκες και 11 mg για τους ενήλικες άνδρες.

Ψευδάργυρος (Zn)

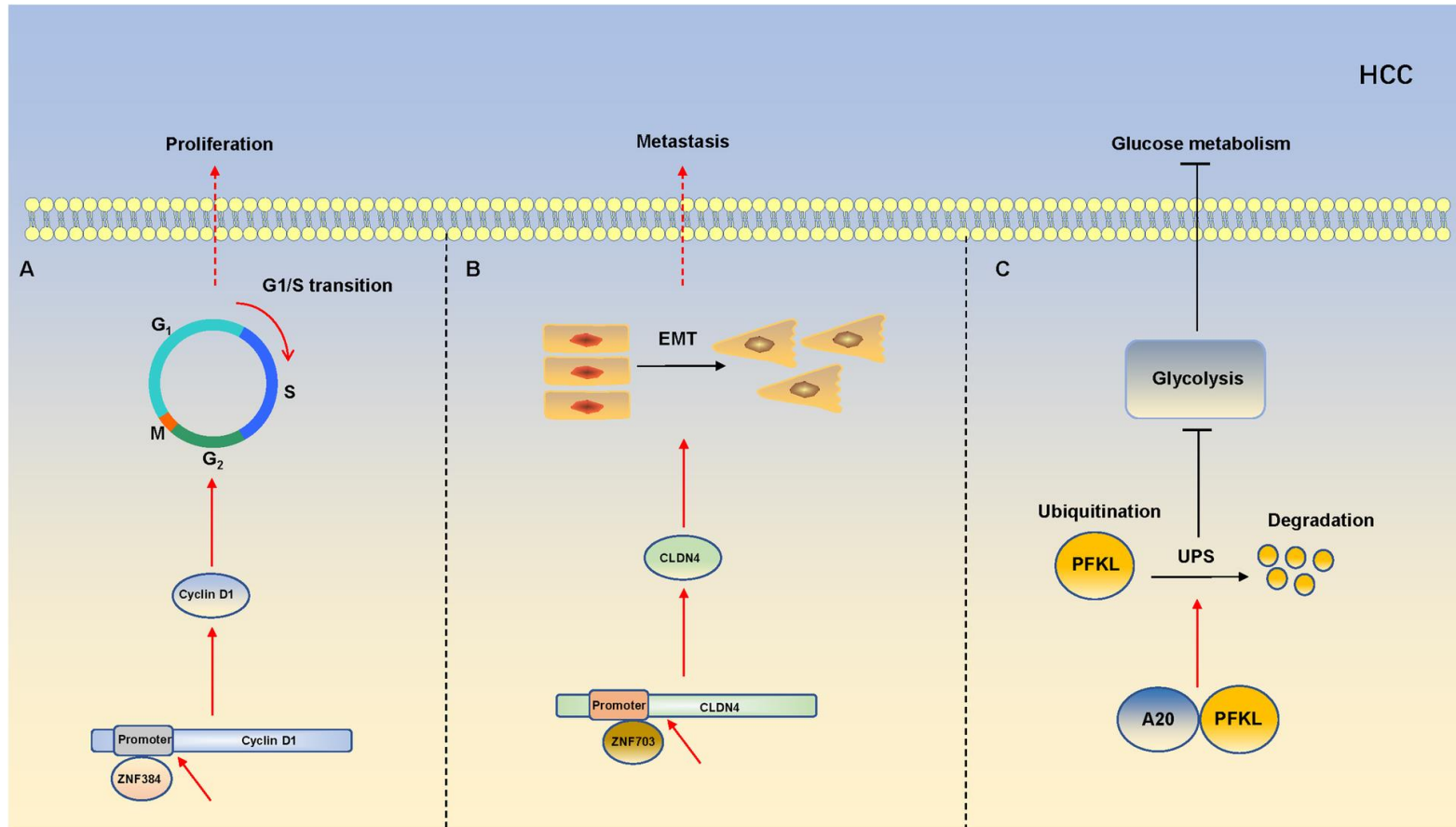
- 1,4 – 2,3 g σε όλους τους ιστούς του ανθρώπινου σώματος (κυρίως σε οστά, δόντια πάγκρεας)
- Λειτουργίες του Zn
 - ✓ Συστατικό της καρβονικής ανυδράσης (βοηθά στην απελευθέρωση CO₂ από τα πνευμόνια)
 - ✓ Συστατικό της αλκαλικής φωσφατάσης (βοηθά στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών)
 - ✓ Συστατικό της ινσουλίνης (ορμόνη παραγόμενη στο πάγκρεας, που βοηθά στην πρόσληψη της γλυκόζης)
- Έλλειψη Zn από τα κύτταρα)
 - ✓ 10-15mg/day (απαιτούμενη ποσότητα για ενήλικες), το 30% απορροφάται
 - ✓ Έλλειψη Zn οδηγεί σε καθυστέρηση φυσικής και πνευματικής ανάπτυξης
- Πηγές Zn !
 - ✓ Αυγά, κρέας, προϊόντα κρέατος, γάλα, ψωμί, δημητριακά

Δομή και λειτουργία των κλασικών δακτυλίων ψευδαργύρου

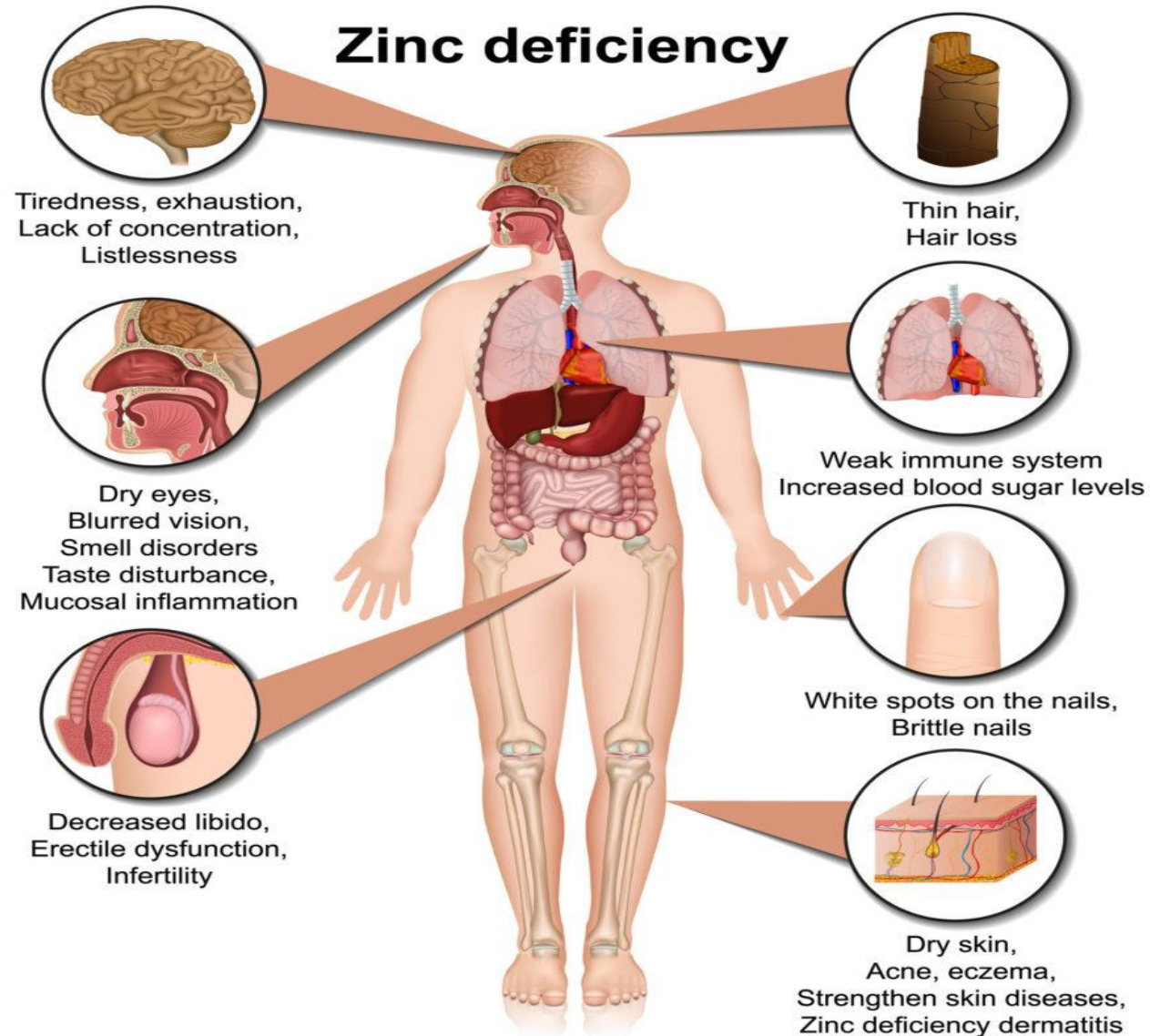
- Αποτελούνται από ένα αντιπαράλληλο β-φύλλο κοντά στο N-τελικό άκρο, ακολουθούμενο από μια α-έλικα κοντά στην C-τελική ουρά, που συγκρατούνται από Zn(II)
- Οι κλασικοί ZFs μπορούν να βρεθούν σε πολλούς μεταγραφικούς παράγοντες (TFs) και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία όσον αφορά τη συγγένεια δέσμευσης Zn(II), τον τύπο συντονισμού και την πρωτεϊνική δομή που υιοθετείται μετά τη δέσμευση Zn(II)



Οι πρωτεΐνες δακτύλων ψευδαργύρου επηρεάζουν την ηπατοκαρκινογένεση με διαφορετικούς τρόπους



Ανεπάρκεια ψευδαργύρου



Χαλκός

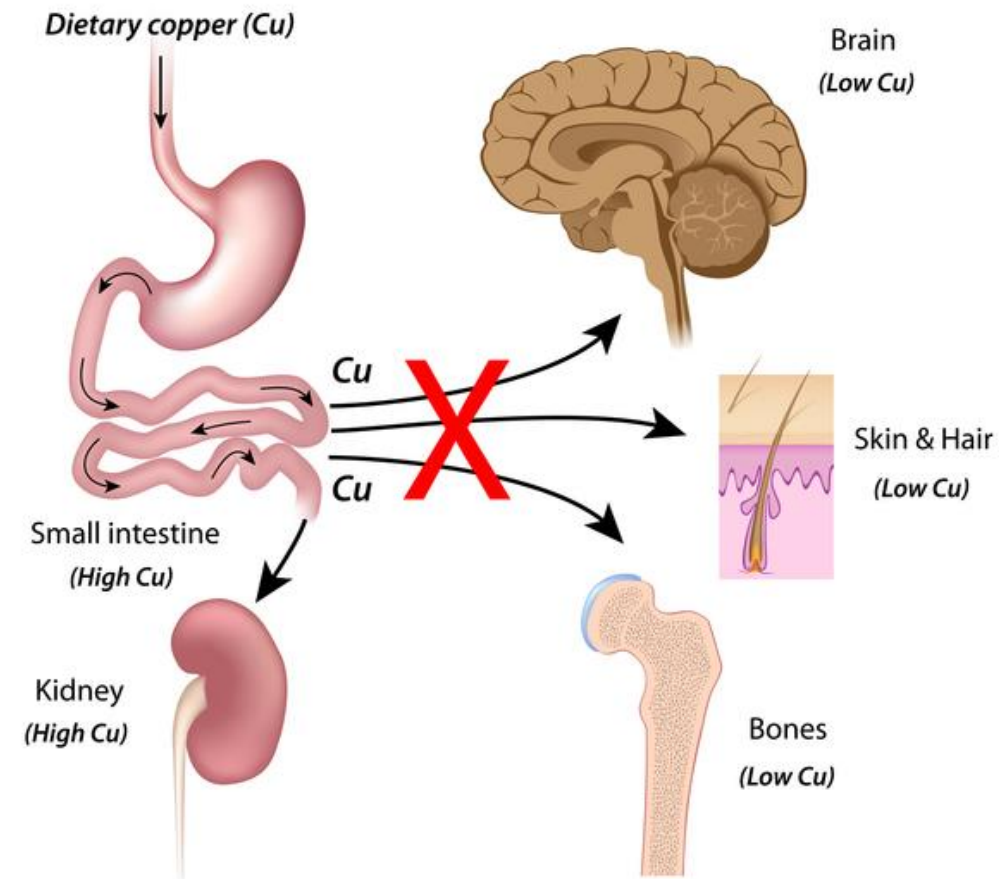
- Πολλά ένζυμα περιλαμβάνουν χαλκό
- ✓ Σερουλοπλασμίνη: οξειδώνει το σίδηρο για να επιτρέψει την πρόσδεση του στην τρανσφερίνη
- ✓ Οξειδάση του κυτοχρώματος C: μεταφορά e-
- ✓ B-υδροξυλάση ντοπαμίνης: σύνθεση νορεπινεφρίνης
- ✓ Οξειδάση της λυσίνης: σταυροσύνδεση κολλαγόνου
- ✓ Δισμουτάση υπεροξειδίου: αυτοοξειδοαναγωγή του υπεροξειδίου
- ✓ C18, Δ^9 -αποκορεστικότητα: προσθήκη διπλών δεσμών στα λιπαρά οξέα με μακριές αλυσίδες

Ανεπάρκεια χαλκού

- Υπερχοληστερολαιμία
- Απομεταλλοποίηση οστών
- Λευκοπενία
- Αναιμία
- Ευθραστότητα μεγάλων αρτηρίων
- Απομυελίνωση νευρικού ιστού

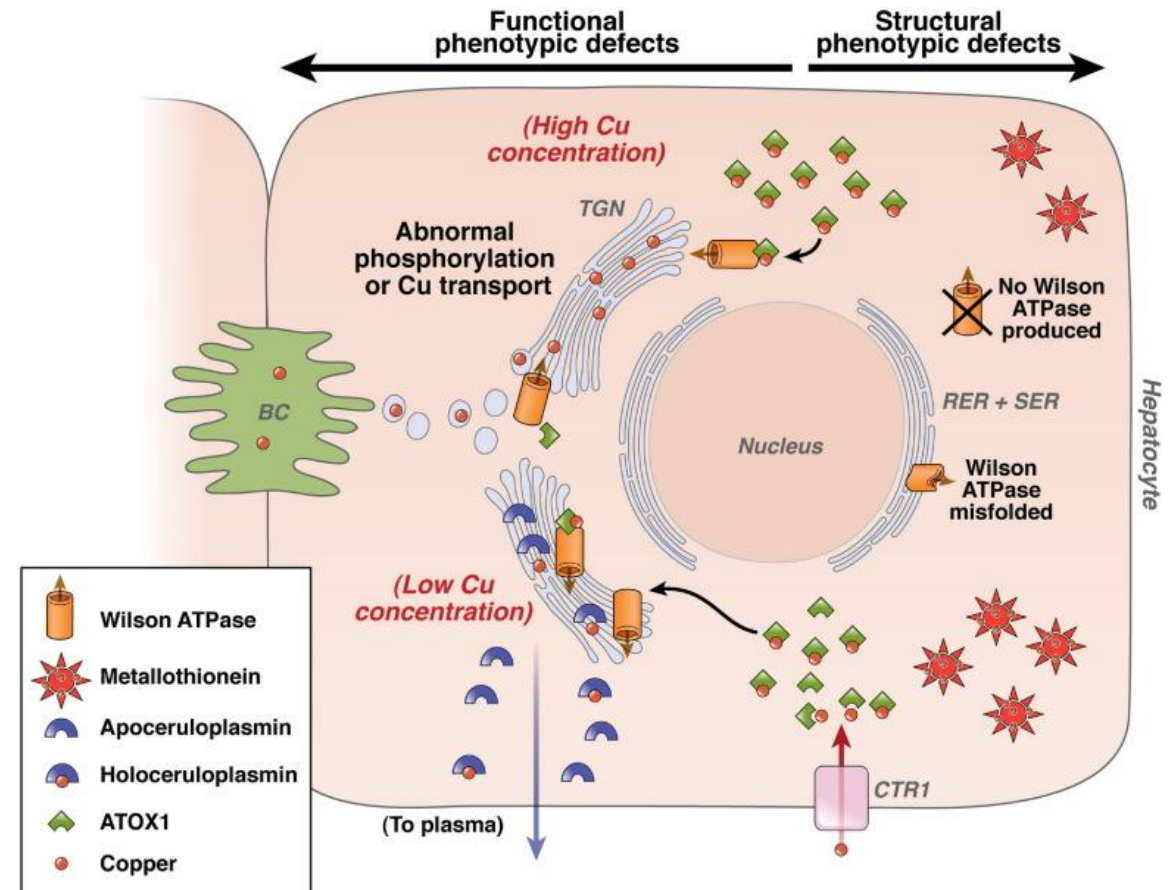
Σύνδρομο Menkes

- Το σύνδρομο **Menkes** είναι ένα X-φυλοσύνδετο υπολειπόμενο προοδευτικό νευροεκφυλιστικό νόσημα του μεταβολισμού του χαλκού
- Εκφύλιση της φαιάς ουσίας του εγκεφάλου, ιδιόμορφο προσωπείο, ανωμαλίες των τριχών της κεφαλής και νευρολογικές διαταραχές.
- Ο χαλκός προσλαμβάνεται κανονικά από τα εντερικά κύτταρα, αλλά η μεταφορά του σε άλλους ιστούς είναι μειωμένη, επηρεάζοντας τις δραστηριότητες ορισμένων μεταλλοενζύμων εξαρτώμενων από τον χαλκό.
- Μετάλλαξη στο γονίδιο ATP7A που βρίσκεται στο Xq13.3, το οποίο έχει 23 εξόνια.
- 357 διαφορετικές μεταλλάξεις έχουν εντοπιστεί στο γονίδιο ATP7A.
- 1/35.000 γεννήσεις ζώντων ανδρών.



Ασθένεια Wilson

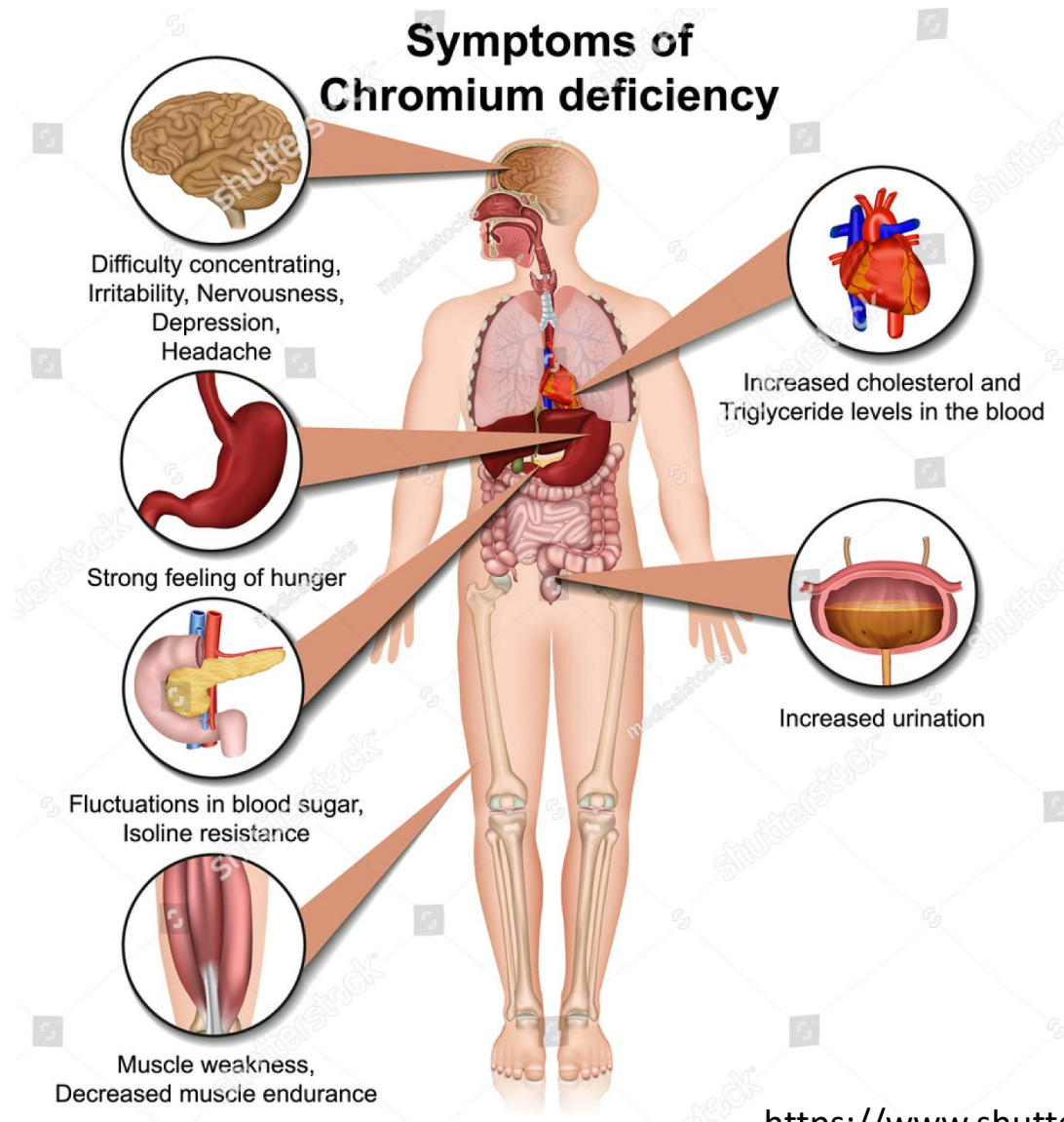
- Η νόσος του Wilson ή ηπατοφακοειδής εκφύλιση είναι μία κληρονομική αυτοσωματική υπολειπόμενη γενετική διαταραχή η οποία χαρακτηρίζεται από την αδυναμία του οργανισμού να αποβάλλει το χαλκό, με αποτέλεσμα την προοδευτική συσσώρευσή του στους ιστούς.
- Η εναπόθεση χαλκού μπορεί να ασκήσει τοξικές δράσεις σε πολλά όργανα, κυρίως όμως προσβάλλονται το ήπαρ (συκώτι) και το νευρικό σύστημα.
- Το υπεύθυνο γονίδιο για τη νόσο Wilson ονομάζεται ATP7B. Κωδικοποιεί μια πρωτεΐνη, ο ρόλος της οποίας συνίσταται στη μεταφορά χαλκού και στην απέκκρισή του από τα ηπατικά κύτταρα στα χοληφόρα (από όπου αποβάλλεται τελικά από τον οργανισμό μέσω της χολής).



Χρώμιο

- Το χρώμιο, ως τρισθενές (+3), είναι ένα ιχνοστοιχείο που βρίσκεται φυσικά σε πολλά τρόφιμα και διατίθεται ως συμπλήρωμα διατροφής.
- Υπάρχει επίσης ως εξασθενές (+6) και σε αυτή την κατάσταση είναι ένα τοξικό παραπροϊόν του ανοξείδωτου χάλυβα και άλλων βιομηχανικών διεργασιών.
- Το τρισθενές χρώμιο θεωρείται ότι βελτιώνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη και ενισχύει τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπιδίων. Συνδέεται με ένα ολιγοπεπτίδιο, σχηματίζοντας μια ουσία που ονομάζεται χρωμοδουλίνη, η οποία θεωρείται ότι ενεργοποιεί τον υποδοχέα ινσουλίνης στα κύτταρα.
- Μπορεί επίσης να έχει αντιοξειδωτικές επιδράσεις.
- Το χρώμιο συσσωρεύεται κυρίως στο ήπαρ, τον σπλήνα, τους μαλακούς ιστούς και τα οστά

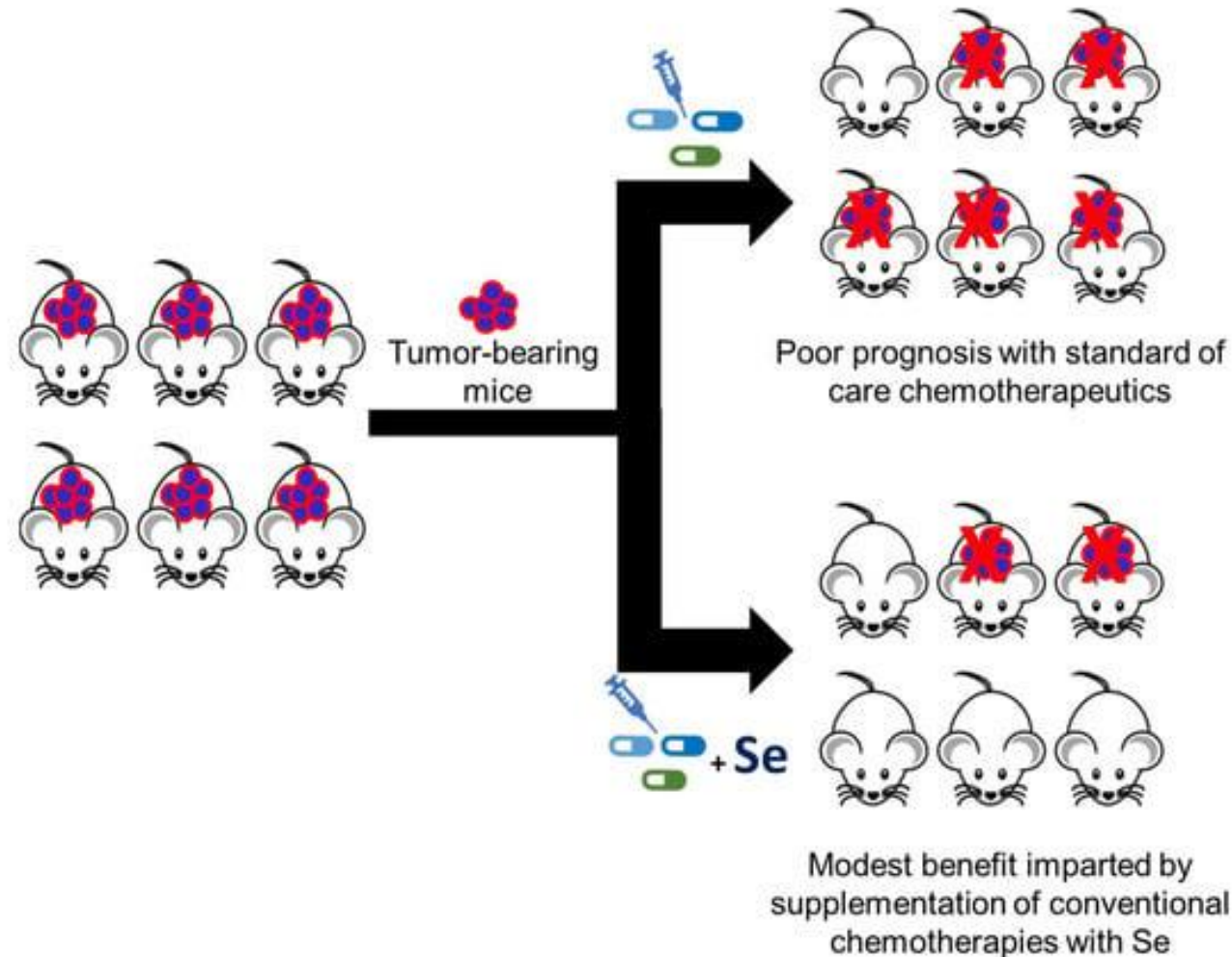
Ανεπάρκεια χρωμίου



Σελήνιο

- Εμφανίζεται με τη μορφή του αμινοξέους σεληνοκυστεΐνη και αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα των σεληνοπρωτεϊνών
- Οι σεληνοπρωτεΐνες εμπλέκονται στις διαδικασίες οξειδοαναγωγής και είναι αποτελεσματικές ως αντιοξειδωτικές ουσίες
- ✓ η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης (GPx) και η ρεδουκτάση της θειορεδοξίνης (TRx), αντιοξειδωτική δράση, προστατεύοντας τα κύτταρα από οξειδωτική βλάβη.
- ✓ τα ένζυμα της ιωδοθυρονίνης (DIO), τα οποία καταλύουν τη μετατροπή της θυροξίνης (T4) σε τριιωδοθυρονίνη (T3), συμβάλλοντας στον συντονισμένο μεταβολισμό των θυρεοειδικών ορμονών.
- Έντονη αντιοξειδωτική δράση
- Αντιφλεγμονώδη ιδιότητα,
- Ασκεύει αντική και χημειοπροφυλακτική δράση
- Ενισχύει το ανοσοποιητικό, την καλύτερη λειτουργία του θυρεοειδούς, τα μαλλιά και τα νύχια και έχει θετικές επιδράσεις στον εγκέφαλο, βοηθάει στην εύρυθμη λειτουργία του θυρεοειδούς.
- Βρίσκεται σε επαρκείς ποσότητες στη διατροφή
- Τα επίπεδα του σεληνίου είναι πολύ χαμηλά στο έδαφος σε ορισμένες περιοχές της χώρας οπότε και τα διατροφικά στοιχεία που καλλιεργούνται θα έχουν επίσης χαμηλά επίπεδα σεληνίου

Τυπική θεραπεία του καρκίνου που χορηγείται σε συνδυασμό με σελήνιο



Μεταλλικά σύμπλοκα (ενώσεις εντάξεως)

- Μεταλλικό σύμπλοκο: Τα μέταλλα μεταπτώσεως σχηματίζουν σύμπλοκά ιόντα
- Αποτελείται από ένα σύμπλοκο ιόν και ένα αντισταθμιστικό ιόν
- Πρωτεύον, δευτερεύον σθένος π.χ $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$
- Τα μόρια ή ιόντα που περιαλούν το μέταλλο σε ένα σύμπλοκο ιόν ονομάζονται υποκαταστάτες
- Αντιδράσεις οξέως-βάσης κατά Lewis

Μερικοί συνήθεις υποκαταστάτες

Name	Structure
<i>Monodentate ligands</i>	
Ammonia	$\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
Carbon monoxide	$:\text{C}\equiv\text{O}:$
Chloride ion	$:\ddot{\text{Cl}}:^{-}$
Cyanide ion	$[:\text{C}\equiv\text{N}:]^{-}$
Thiocyanate ion	$[:\ddot{\text{S}}-\text{C}\equiv\text{N}:]^{-}$
Water	$\begin{array}{c} \text{H}-\ddot{\text{O}}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
<i>Bidentate ligands</i>	
Ethylenediamine	$\text{H}_2\ddot{\text{N}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\ddot{\text{N}}\text{H}_2$
Oxalate ion	$\left[\begin{array}{cc} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} & \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ // & // \\ \text{C} & - & \text{C} \\ // & // \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} & \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^{2-}$
<i>Polydentate ligand</i>	
Ethylenediaminetetraacetate ion (EDTA)	$\left[\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \quad \text{CH}_2 \\ \backslash \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \text{---} \text{CH}_2\text{---} \text{N} \text{---} \text{CH}_2\text{---} \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \quad \text{CH}_2 \\ \backslash \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \right]^{4-}$

Παραδείγματα

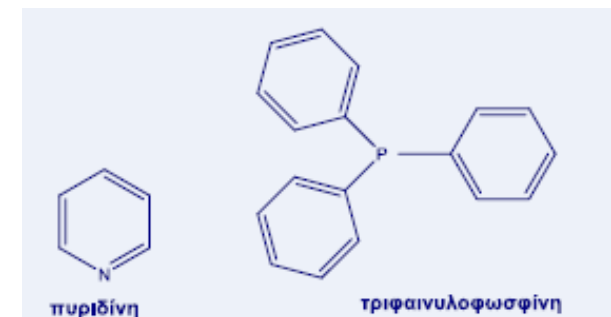
- Άτομο δότης, συνδέεται με το μέταλλο
- Αριθμός ένταξης, αριθμός ατόμων δοτών
- $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, ΑΕ: 2,
- $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ΑΕ: 4,
- $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ΑΕ: 6.

Υποκαταστάτες

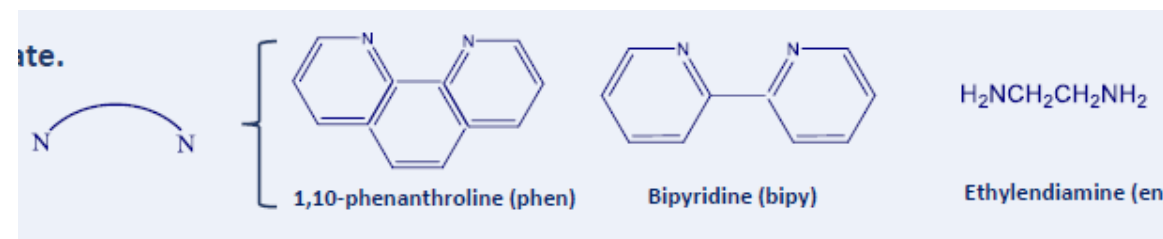
➤ Μονοδραστικοί (**Monodentate**)

✓ *Ιόντα*: F^- , Cl^- , Br^- , I^- , CN^- , SCN^- , OH^- , NO^+ , NO_2^- ,

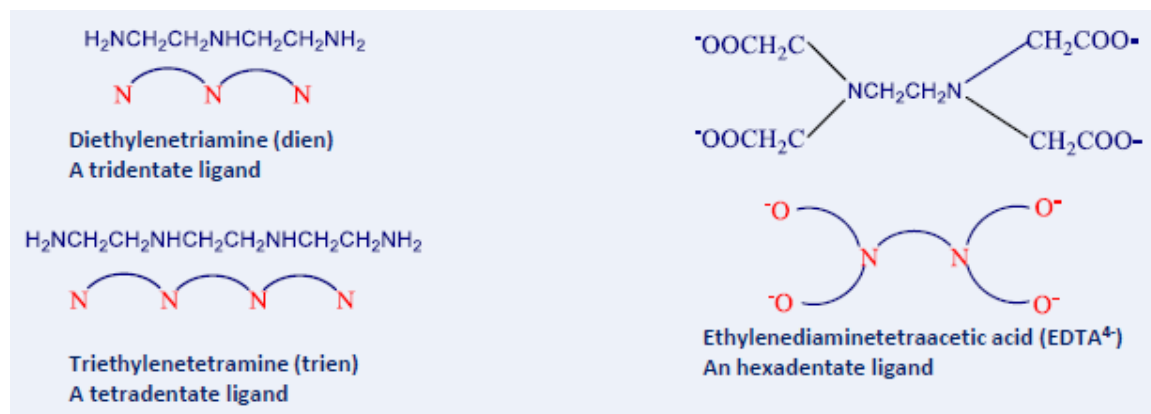
✓ *Μόρια*: PPh_3 (triphenylphosphine), py (pyridine), H_2O , NH_3 , CO , RNH_2 , CH_3CN , ...



➤ Διδραστικοί (**Bidentate**)



➤ Πολυδραστικοί (**Multidentate**)



Αριθμοί οξείδωσης

- Το συνολικό φορτίο ενός σύμπλοκου ιόντος είναι το άθροισμα των φορτίων του κεντρικού μεταλλικού ατόμου και των περιβαλλόντων υποκαταστατών.
- $[\text{PtCl}_6]^{2-}$, Α.Ο Pt= +4.
- Εάν οι υποκαταστάτες δεν φέρουν φορτία, ο αριθμός οξείδωσης του μετάλλου είναι ίσος με το φορτίο του σύμπλοκου ιόντος.
- $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ Α.Ο Cu=+2.

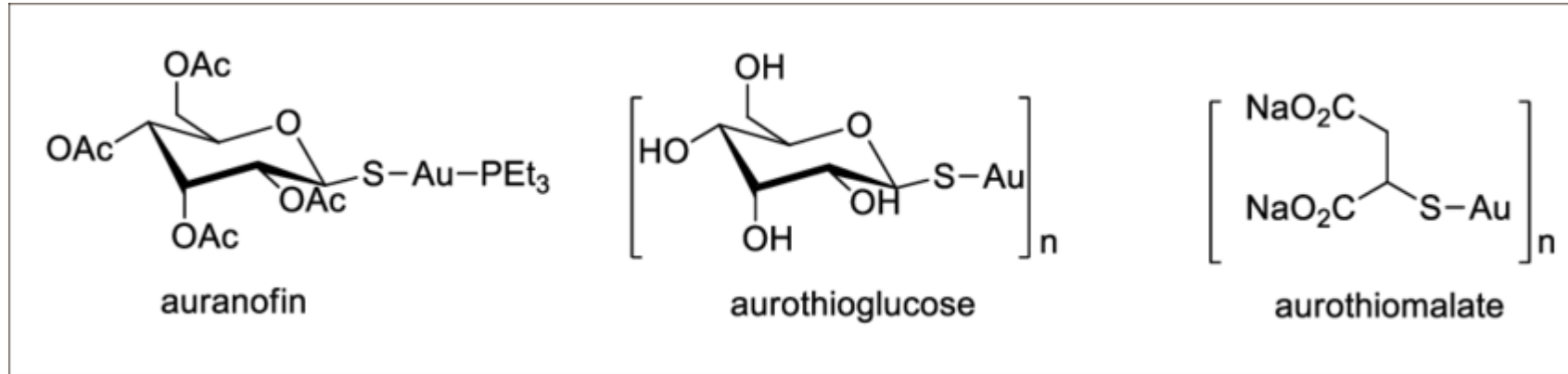
Ονοματολογία

1. Πρώτα το κατιόν και μετά το ανιόν, όπως στα άλατα
2. Οι υποκαταστάτες ονομάζονται πρώτα, με αλφαβητική σειρά, και το μεταλλικό ιόν ονομάζεται τελευταίο.
3. Τα ονόματα των ανιοντικών υποκαταστατών τελειώνουν με το γράμμα ο, ενώ ένας ουδέτερος υποκαταστάτης συνήθως ονομάζεται με το όνομα του μορίου. Οι εξαιρέσεις είναι το H_2O (ύδατος), το CO (καρβόνυλο) και το NO (νιτρόσυλο,) NH_3 (άμινο).
4. Ο αριθμός των ίδιων προσδετών συμβολίζεται με δι, τρι, τετρα κ.λπ.
5. Ο αριθμός οξείδωσης του μετάλλου γράφεται με λατινικούς αριθμούς μετά το όνομα του μετάλλου.
6. Εάν το σύμπλοκο είναι ανιόν, το όνομά του τελειώνει σε -ικό

Ονόματα-Παραδείγματα

- $[\text{PtCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_3$ τριχλωριούχος πεντάμινο-χλώρο-λευκόχρυσος (IV)
- $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ εξακύανο-σιδηρικό(III) κάλιο
- $[\text{Co}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)_3]\text{Cl}_3$ τριχλωριούχο τρις (αιθυλενοδιάμινο) κοβάλτιο (III)

Δομές αντιρευματικών φαρμάκων Au.



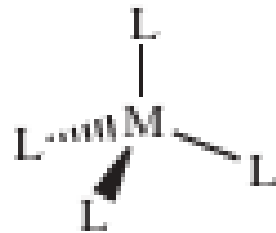
- Οι ενώσεις του χρυσού έχουν βρει κλινική σημασία ως αντιρευματικά φάρμακα με τη μορφή auranofin, αουροθειογλυκόζης και αουροθειομαλικού άλατος.
- Το auranofin επαναχρησιμοποιήθηκε πρόσφατα για τις αντικαρκινικές του ιδιότητες, κυτταροτοξική έναντι καρκινικών κυττάρων in vitro
- Σταθερό λευκό κρυσταλλικό σύμπλοκο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό αλλά διαλυτό σε οργανικούς διαλύτες
- Το Au⁰ είναι το ενεργό φάρμακο και το Au⁺³ μπορεί να ευθύνεται για την τοξικότητα που παρατηρείται κατά τη θεραπεία της ΡΑ με μονοσθενή φάρμακα χρυσού

Αριθμός ένταξης και δομή

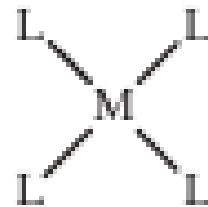
2	Γραμμική
4	Τετραεδρική
6	Οκταεδρική



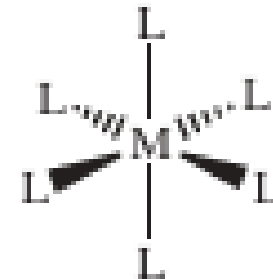
Linear



Tetrahedral



Square planar



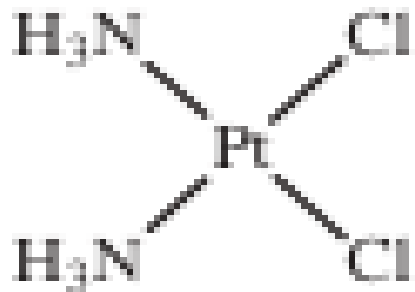
Octahedral

Στερεοισομέρεια

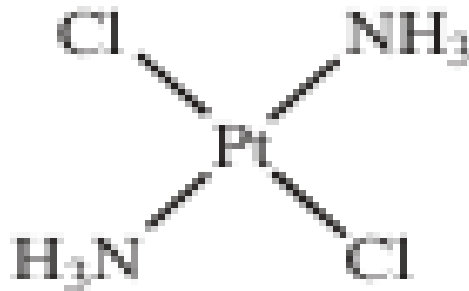
- Τα στερεοϊσομερή είναι ενώσεις που αποτελούνται από τους ίδιους τύπους και αριθμούς ατόμων που συνδέονται μεταξύ τους με την ίδια αλληλουχία, αλλά με διαφορετικές χωρικές διατάξεις.
- Γεωμετρικά ισομερή
- Οπτικά ισομερή

Γεωμετρικά ισομερή

- Τα γεωμετρικά ισομερή είναι στερεοϊσομερή που δεν μπορούν να αναδιαταχθούν χωρίς το σπάσιμο ενός χημικού δεσμού.



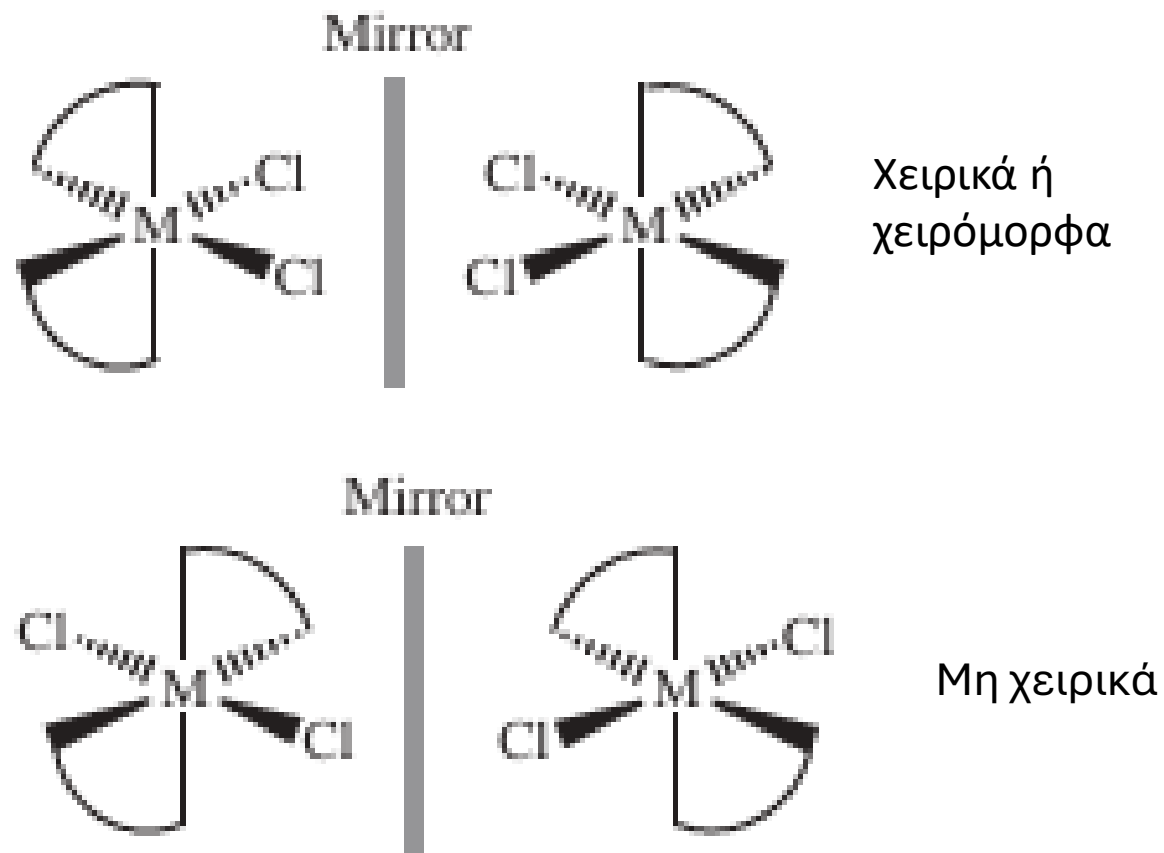
(a)



(b)

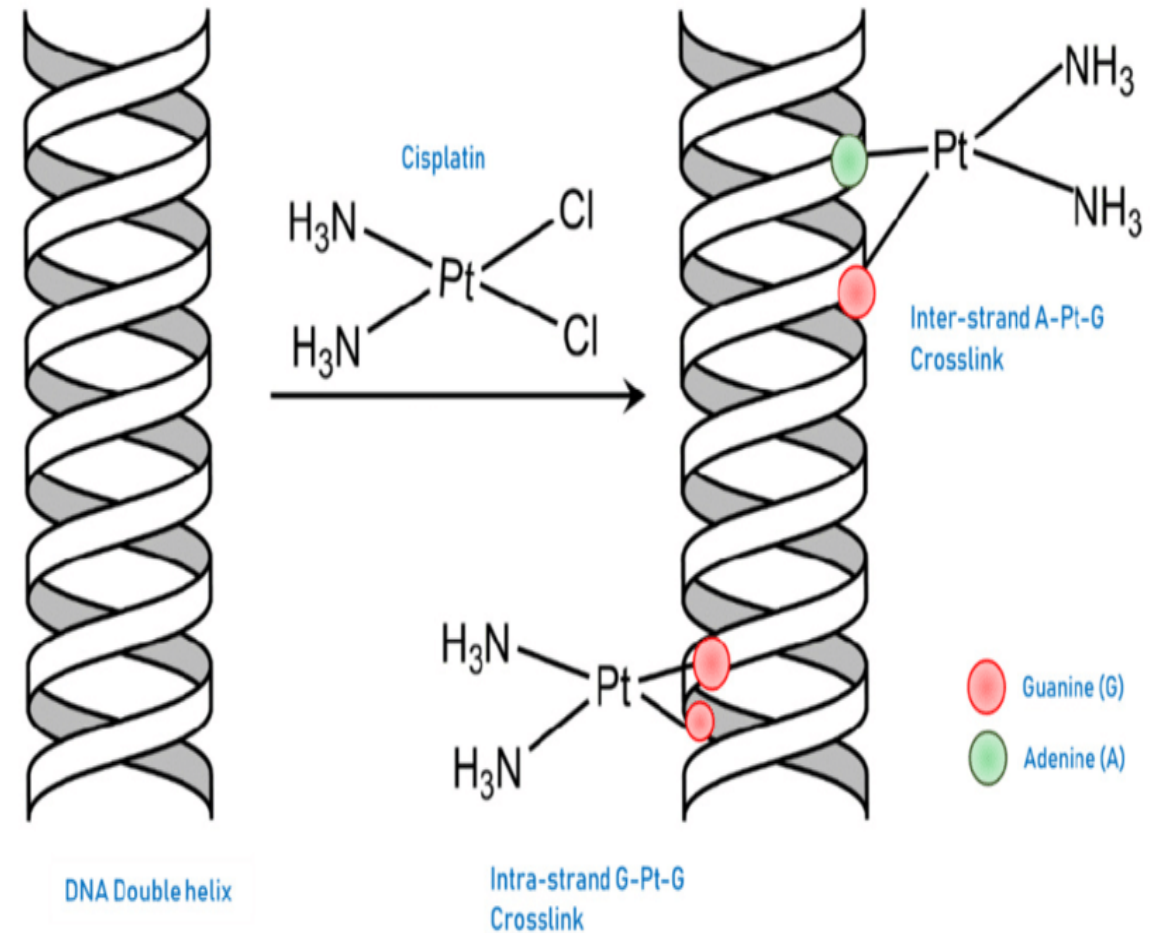
Οπτικά ισομερή

- Τα οπτικά ισομερή είναι μη υπερτιθέμενα είδωλα.

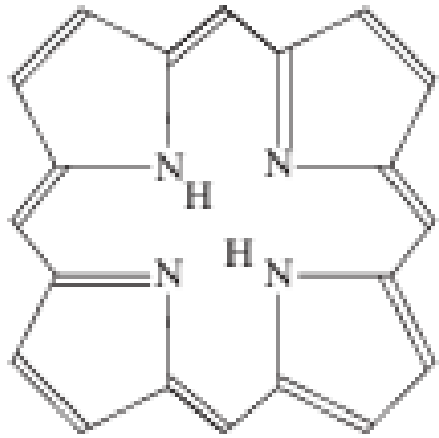


Ενεργοποίηση της σισπλατίνης και επαγωγή βλάβης του DNA.

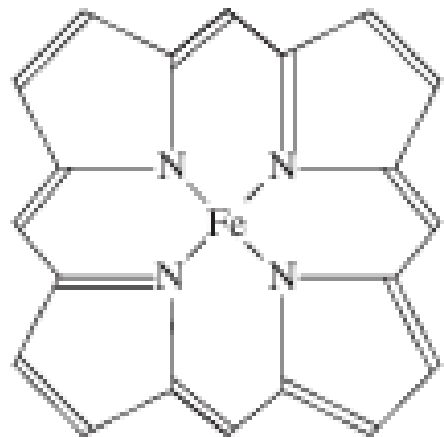
- Η σισπλατίνη, cisplatinum ή cis-diamminedichloroplatinum(II) (CDDP) είναι ένα χημειοθεραπευτικό φάρμακο με βάση την πλατίνα που χρησιμοποιείται για τη θεραπεία διαφόρων τύπων καρκίνου.
- Προκαλεί τον προγραμματισμένο θάνατο των κυττάρων.
- Το εναλλακτικό ισομερές, η τρανσπλατίνη, δεν είναι χρήσιμο φάρμακο και υποτίθεται ότι απενεργοποιείται πριν φτάσει στο DNA



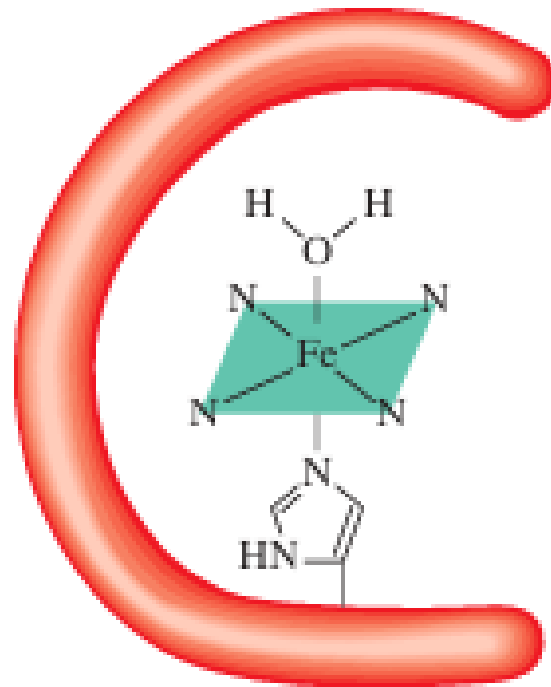
Ενώσεις εντάξεως σε έμβια συστήματα



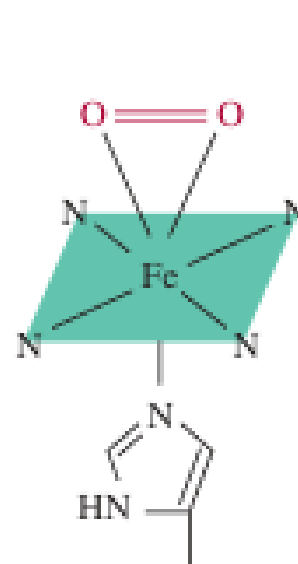
Porphine



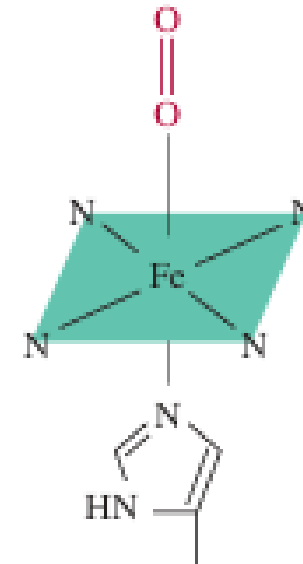
Fe^{2+} -porphyrin



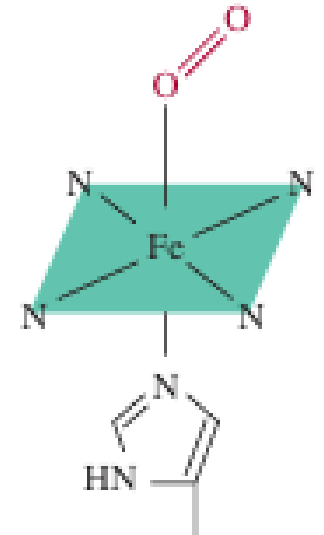
Protein



(a)



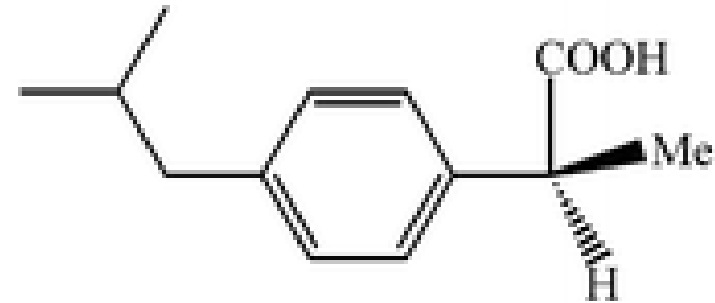
(b)



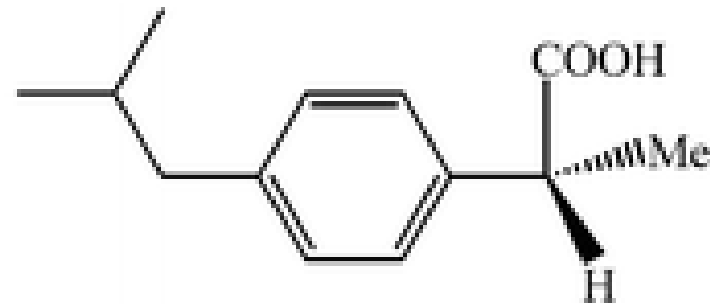
(c)

Ιβουπροφαίνη

Η ιβουπροφαίνη είναι ένα μη στεροειδές αντιφλεγμονώδες φάρμακο . Το εγκεκριμένο φάρμακο είναι ένα ρακεμικό μείγμα των (R)- και (S)-στερεοϊσομερών. Το (S)-εναντιομερές είναι πιο δραστικό και το (R)-εναντιομερές μετατρέπεται στο σώμα σε (S)-εναντιομερές.



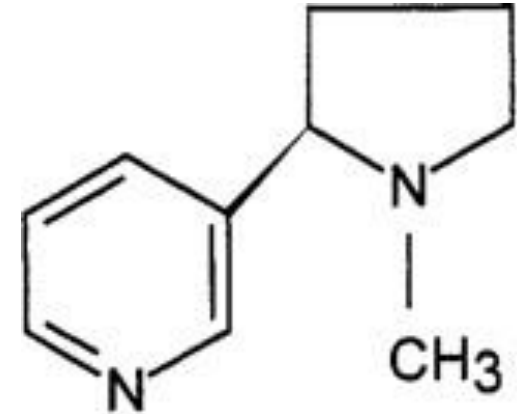
(S)-ibuprofen



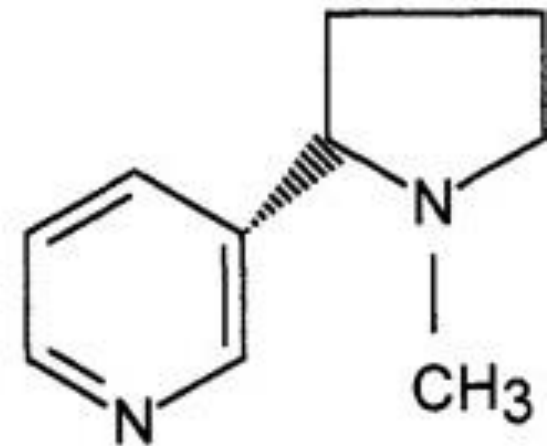
(R)-ibuprofen

Στερεοχημεία της νικοτίνης

- Το μόριο της νικοτίνης περιέχει ένα χειρογενές κέντρο στη θέση 2' του τμήματος πυρρολιδίνης. Έτσι, η νικοτίνη υπάρχει σε δύο εναντιομερή: R- και S-νικοτίνη.
- Η S-νικοτίνη αναφέρεται ότι είναι η μόνη φυσικά απαντώμενη εναντιομερής μορφή της νικοτίνης (98% νικοτίνη και 2% R-νικοτίνη.)
- Η νικοτίνη προκαλεί νευροτοξικές επιδράσεις επειδή διεισδύει γρήγορα στον αιματοεγκεφαλικό φραγμό μετά την είσοδό της στον ανθρώπινο οργανισμό.
- Η ακετυλοχολινεστεράση (AChE) είναι ένα βασικό ένζυμο στο κεντρικό και περιφερικό νευρικό σύστημα που σχετίζεται με τη νευροτοξικότητα.
- Η R-νικοτίνη είχε πολύ μεγαλύτερη επίδραση στη διαμόρφωση της AChE από την S-νικοτίνη.



R-(+)-Nicotine



S-(-)-Nicotine

Εκπαιδευτικοί στόχοι

- Συναρτήσεις ακτινικής κατανομής για τα τροχιακά
- Πώς να γράψετε μια διαμόρφωση ηλεκτρονίων για ένα στοιχείο
- Ποια η σύνδεση μεταξύ των ιδιοτήτων ενός στοιχείου και της ηλεκτρονιακής του διαμόρφωσης
- Πώς να γράψετε τη διαμόρφωση των ηλεκτρονίων ενός στοιχείου από τη θέση του στον Περιοδικό Πίνακα
- Ποιος είναι ο ρόλος της ατομικής ακτίνας στην ιοντική εκλεκτικότητα των διαύλων
- Πως διακρίνουμε ένα παραμαγνητικό από ένα διαμαγνητικό στοιχείο?
- Ποιες είναι οι τάσεις στην Ενέργεια Ιονισμού και στην ηλεκτρονική συγγένεια
- Ποια η διαφορά ηλεκτρονικής συγγένειας και ηλεκτραρνητικότητας?
- Ποιος είναι ο ρόλος των ιχνοστοιχείων στην ανθρώπινη υγεία?
- Ποιος είναι ο μηχανισμός δράσης της σισπλατίνης?

Προτεινόμενη βιβλιογραφία

1. Αρχές Χημείας-Μοριακή Προσέγγιση. Tro J. Nivaldo.
Κεφάλαια 8
2. Ιχνοστοιχεία Devlin

e-mail: a.strati@med.uoa.gr