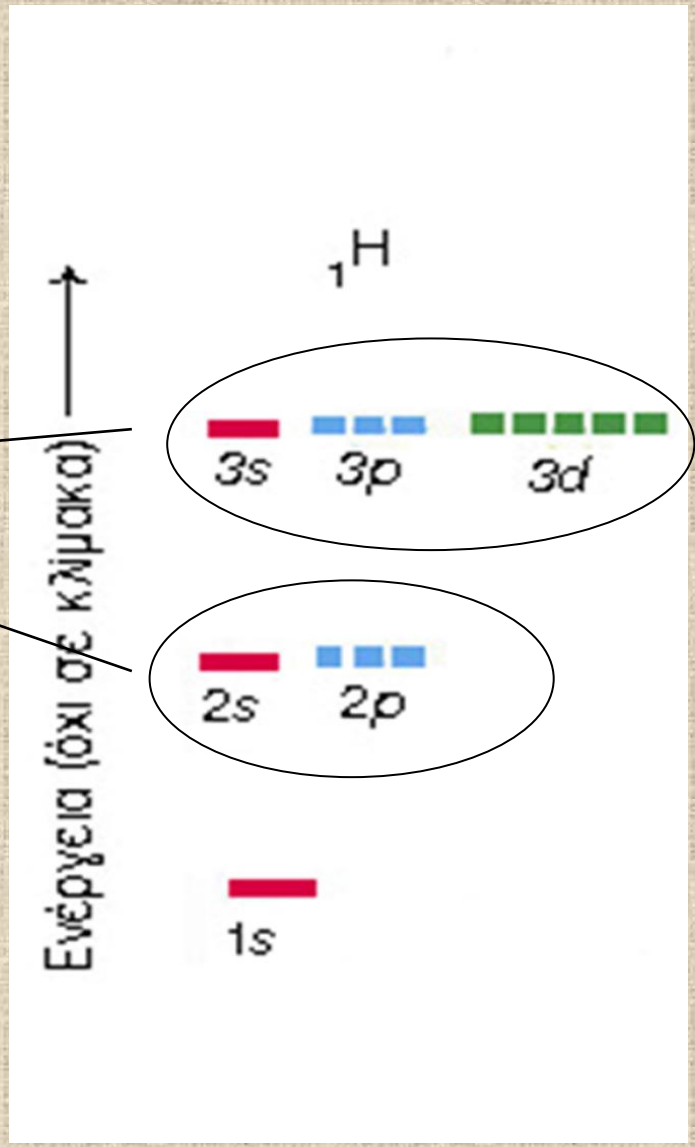
Ενεργειακή στάθμη τροχιακών

Υδρογόνο – Υδρογονοειδή

εκφυλισμός τροχιακών

με ίδιο n

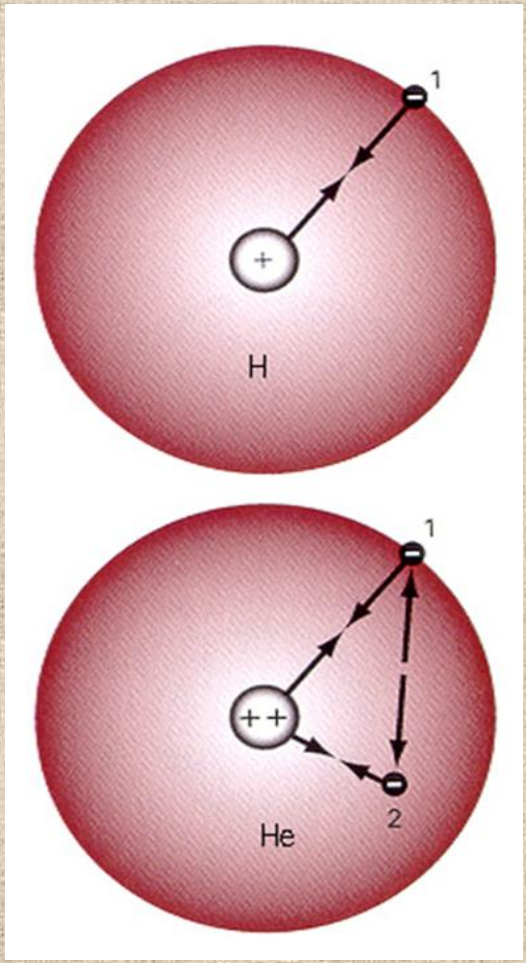


$$E = \frac{-2{,}18 \times 10^{-18} Z^2}{n^2}$$

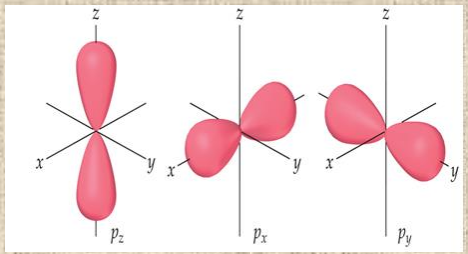
⇓

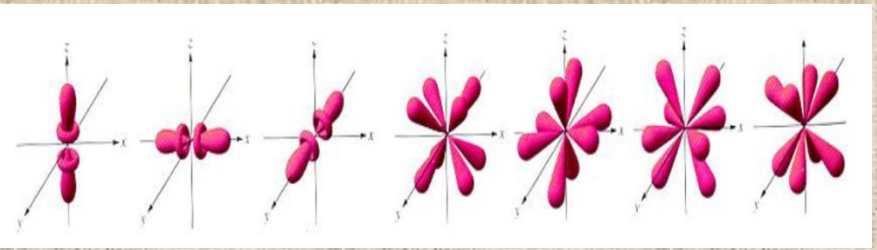
1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < 4s = 4p = 4d =4f <...

Αλληλεπίδραση ηλεκτρονίων σε πολυηλεκτρονικά άτομα



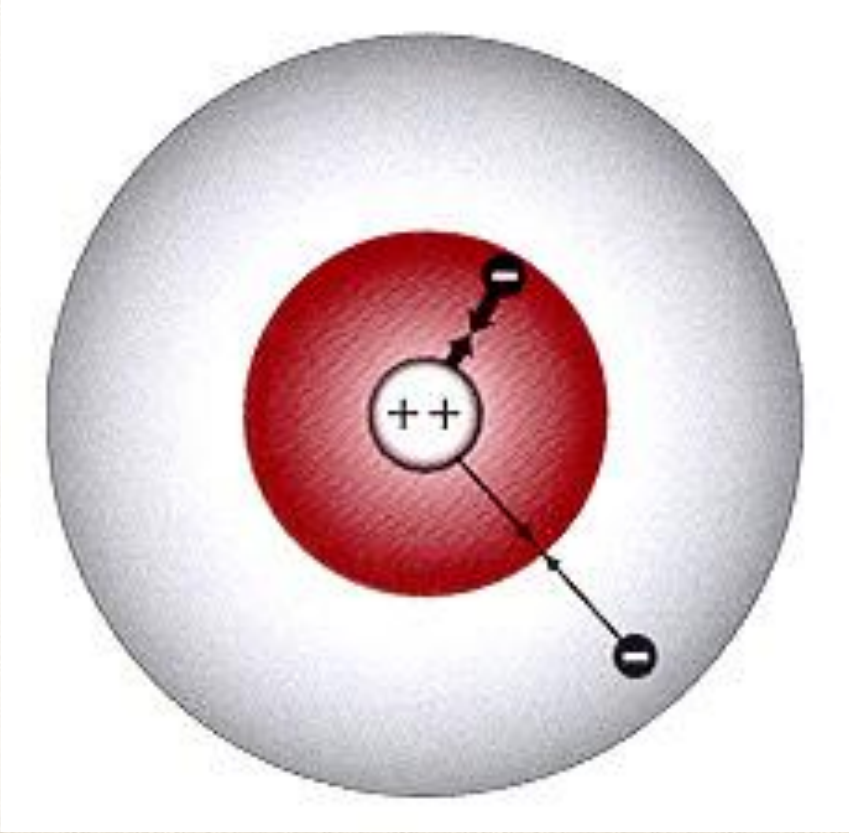
- **τροποποίηση εξίσωσης Schrödinger για να περιλάβει και τις απώσεις των ηλεκτρονίων**
- **άρση εκφυλισμού για τα τροχιακά της κάθε στιβάδας (ίδιο n)**
- **οι ενέργειες των τροχιακών εξαρτώνται από n *ΚΑΙ* l**





Διείσδυση και θωράκιση ηλεκτρονίων

- Η θωράκιση ή προάσπιση ενός ηλεκτρονίου προκαλείται από τα «εσωτερικά» ηλεκτρόνια του ατόμου με αποτέλεσμα να επιφέρεται απομάκρυνση του ηλεκτρονίου από τον πυρήνα, δηλαδή, αύξηση της ενέργειας του.

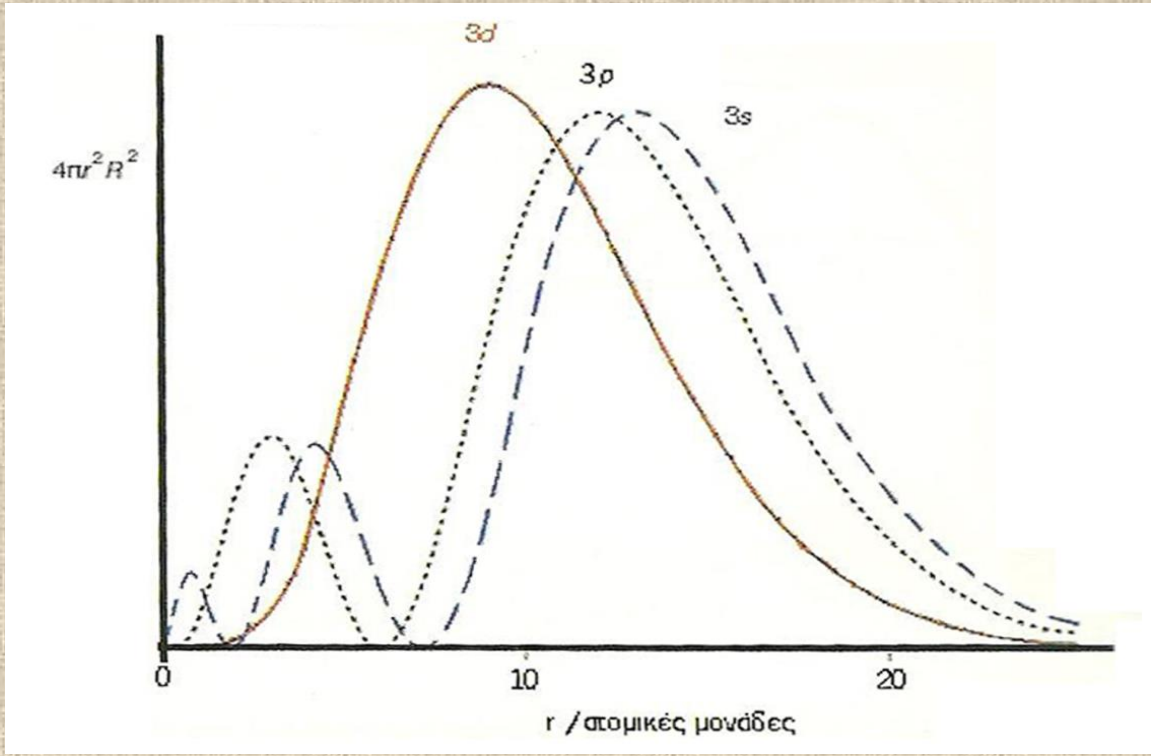


- Το εσωτερικό ηλεκτρόνιο λόγω μεγάλης διεισδυτικότητας βρίσκεται κοντά στον πυρήνα. Το ηλεκτρόνιο αυτό προασπίζει (θωρακίζει) τον πυρήνα, απωθώντας το δεύτερο (εξωτερικό) ηλεκτρόνιο.

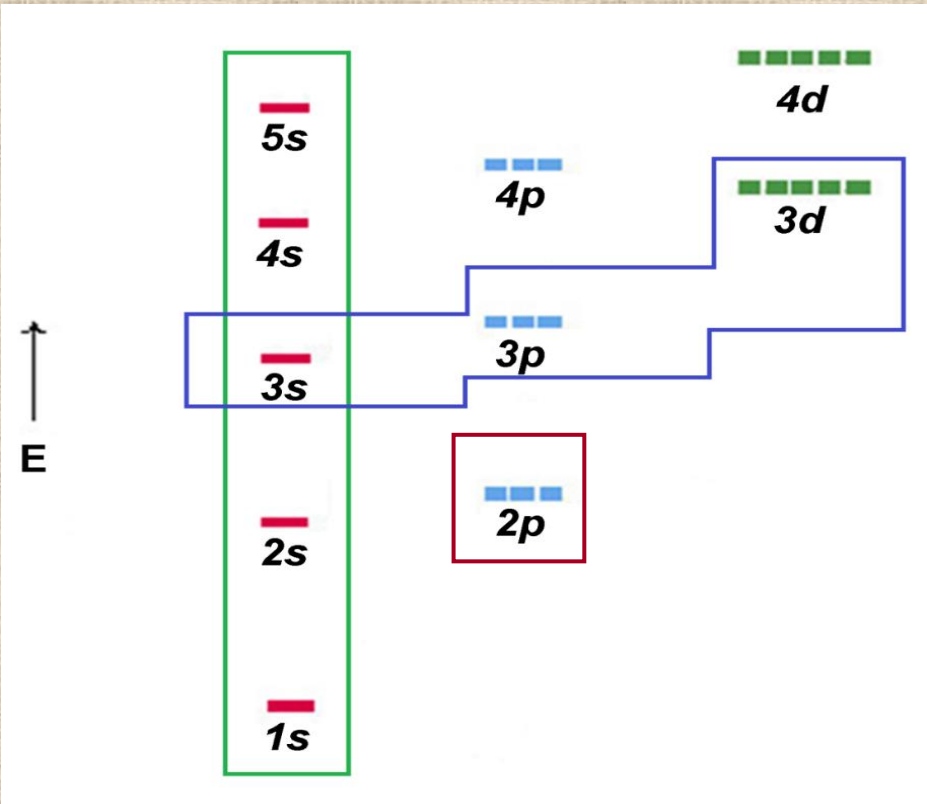
Διείσδυση και θωράκιση ηλεκτρονίων

- Η άρση του εκφυλισμού των τροχιακών στο ενεργειακό διάγραμμα των πολυηλεκτρονιακών ατόμων μπορεί να ερμηνευτεί με βάση το φαινόμενο της διείσδυσης και θωράκισης (ή προάσπισης) των ηλεκτρονίων

- Η διείσδυση εκφράζει την ικανότητα που έχει το ηλεκτρόνιο να προσεγγίζει τον πυρήνα του ατόμου. Όσο μεγαλύτερη είναι η διεισδυτικότητα ενός ηλεκτρονίου, τόσο μικρότερη είναι η ενέργειά του.



Ενεργειακές στάθμες σε πολυηλεκτρονιακά άτομα

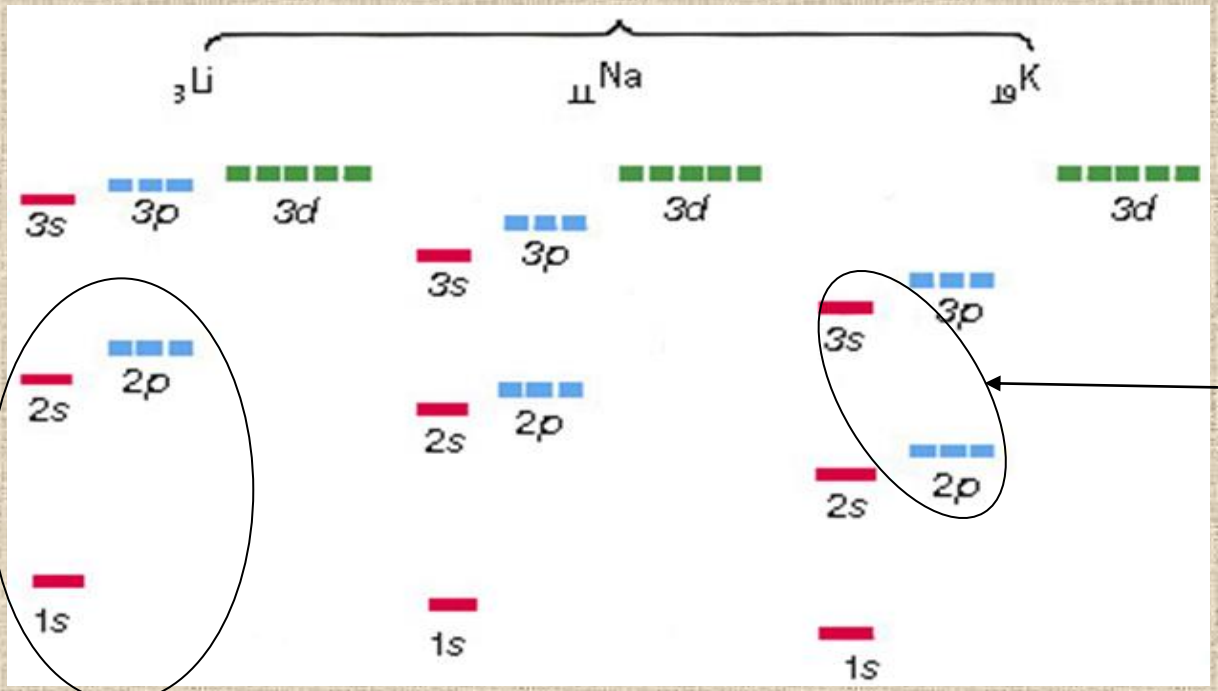


- Η ενέργεια τροχιακών με ίδιο *l*, αυξάνεται με την αύξηση του *n*.
- Η ενέργεια των τροχιακών με ίδιο *n* αυξάνεται με την αύξηση του *l*.
- Όσο αυξάνει το μέγεθος του ατόμου (αύξηση *n*), τόσο ελαττώνεται η ενεργειακή απόσταση ανάμεσα στα τροχιακά (πυκνές ενεργειακές στάθμες) και η εξάρτηση της ενέργειας των τροχιακών από τον ℓ γίνεται σημαντικότερη ώστε το 4s να βρίσκεται χαμηλότερα από το 3d ($E_{5s} < E_{4d}$, $E_{6s} < E_{5d}$, $E_{6s} < E_{4f}$).
- Τα τροχιακά με ίδιο n και l είναι πάντα εκφυλισμένα

Ενεργειακές στάθμες σε πολυηλεκτρονιακά άτομα

Η ενέργεια των τροχιακών καθορίζεται από το άθροισμα n+l.

(n+l) ↑ ενέργεια ↑

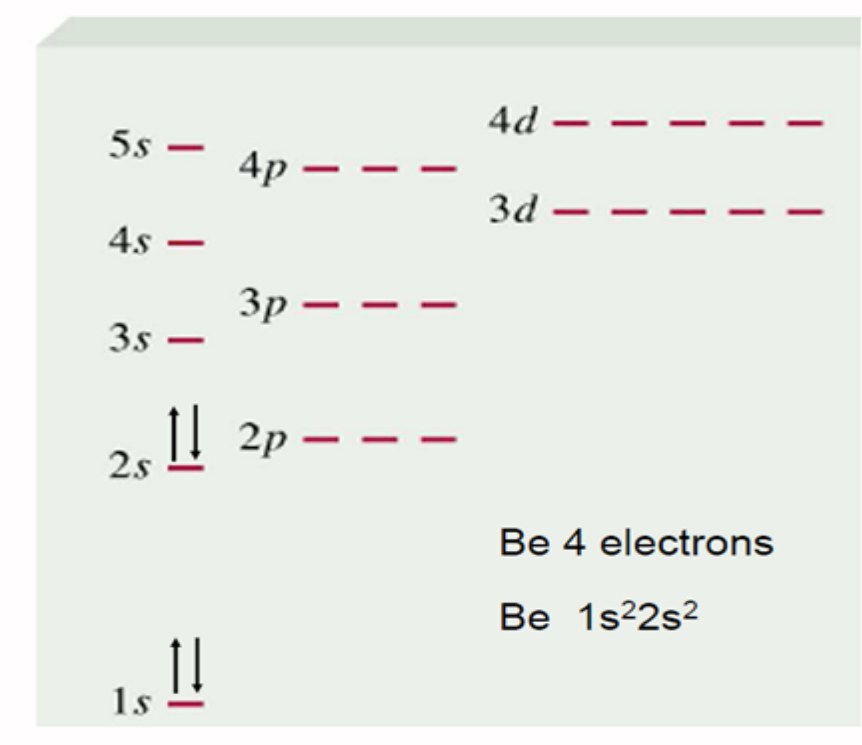


Μεταξύ δύο τροχιακών με το ίδιο άθροισμα (n+l), χαμηλότερη ενέργεια έχει εκείνο με το μικρότερο n

Να διατάξετε τα τροχιακά 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d των ατόμων Η και Κ κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας.

Μνημονικό σχήμα πλήρωσης ατομικών τροχιακών σύμφωνα με την αρχή της ελάχιστης ενέργειας.

	l=0	1	2	3	4	5
n=1	1s					
n=2	2s	2p				
n=3	3s	3p	3d			
n=4	4s	4p	4d	4f		
n=5	5s	5p	5d	5f	5g	
n=6	6s	6p	6d	6f	6g	
n=7	7s	7p	7d	7f	.....	
n=8	8s	8p	8d	8f	.....	



Ηλεκτρονιακή δόμηση των ατόμων

τοποθέτηση των ηλεκτρονίων στα διάφορα τροχιακά

Αρχές ηλεκτρονιακής δόμησης

Aufbau principles

- **αρχή ελάχιστης ενέργειας**
- **απαγορευτική αρχή Pauli**
- **κανόνας του Hund**

Αρχή ελάχιστης ενέργειας

Όσο μικρότερη (αλγεβρικά) είναι η ενέργεια ενός ατομικού συστήματος, τόσο σταθερότερο είναι το σύστημα αυτό.

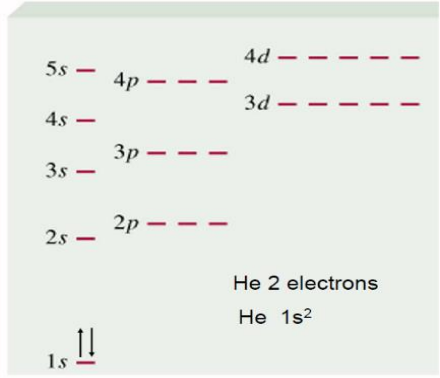
- **η σειρά πλήρωσης των τροχιακών εξαρτάται από την ενέργειά τους**
- **πρώτα συμπληρώνονται τα τροχιακά με το μικρότερο άθροισμα (n+l) και μεταξύ αυτών πρώτα εκείνα με το μικρότερο n**

1s<2s<2p<3s<3p<4s<3d<4p<5s<4d<5p<6s<5d≈4f<6p<7s<6d≈5f

Απαγορευτική αρχή του Pauli

Είναι αδύνατο να υπάρχουν στο ίδιο άτομο δύο ηλεκτρόνια με την ίδια τετράδα κβαντικών αριθμών (*n, l, m_l, m_s*).

- **σε κάθε τροχιακό μπορούν να τοποθετηθούν το πολύ 2 ηλεκτρόνια**
- **τα ηλεκτρόνια αυτά έχουν αντιπαράλληλα spin και είναι συζευγμένα**
- **για τη σύζευξη απαιτείται ενέργεια (ενέργεια σύζευξης)**



Πλήρωση στιβάδων και υποστιβάδων με ηλεκτρόνια

Στιβάδα	***n***	***l***	**υποστιβάδα**	**αριθμός τροχιακών (2*l*+1)**	**αριθμός ηλεκτρονίων**	
					σε υποστιβάδα 2 x (2*l*+1)	**σε στιβάδα $2n^2$**
K	1	0	1s	1	2	2
L	2	0	2s	1	2	8
	2	1	2p	3	6	
M	3	0	3s	1	2	18
	3	1	3p	3	6	
	3	2	3d	5	10	
N	4	0	4s	1	2	32
	4	1	4p	3	6	
	4	2	4d	5	10	
	4	3	4f	7	14	

Κανόνες του Hund

Συμπλήρωση εκφυλισμένων τροχιακών

Ηλεκτρόνια που καταλαμβάνουν τροχιακά της ίδιας ενέργειας (ίδια υποστιβάδας), έχουν κατά προτίμηση παράλληλα spin.

Η πιο σταθερή κατάσταση είναι εκείνη με το μέγιστο αριθμό ασύζευκτων ηλεκτρονίων (μέγιστη πολλαπλότητα spin)

πολλαπλότητα spin: 2S + 1

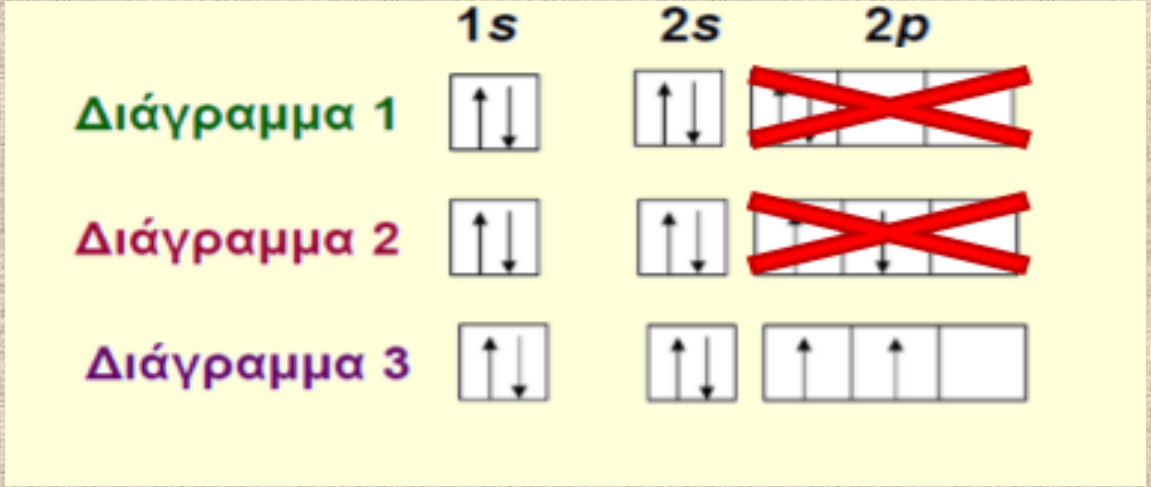
S: ολικό spin $S = \sum_i m_{si}$

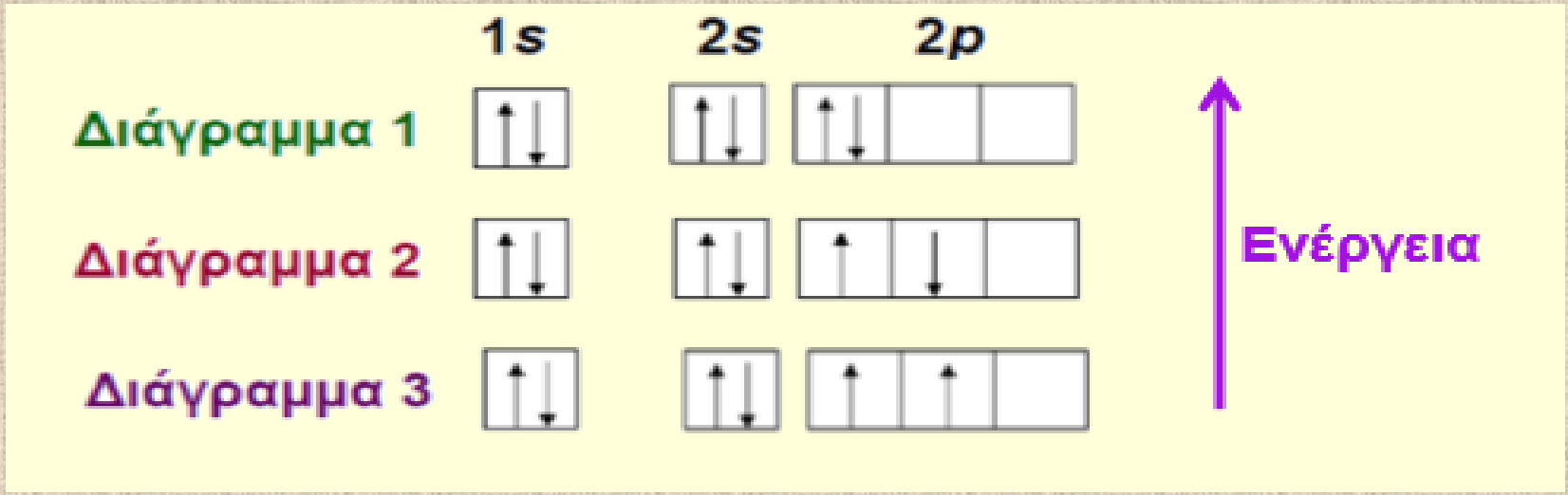
αριθμός ηλεκτρονίων	διάταξη	ασύζευκτα ηλεκτρόνια	πολλαπλότητα
1	↑	1	2
2	↑ ↑	2	3
3	↑ ↑ ↑	3	4
4	↑↓ ↑ ↑	2	3
5	↑↓ ↑↓ ↑	1	2
6	↑↓ ↑↓ ↑↓	0	1

Κανόνας του Hund

$_{6}C$

$1s^2 2s^2 2p^2$





Ηλεκτρονική Απεικόνιση

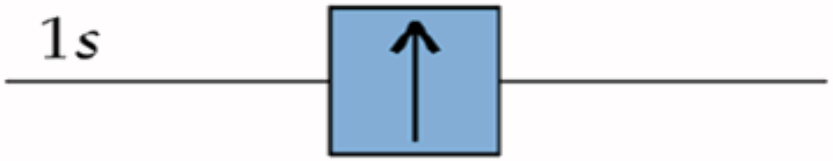
$_1H$

Δείχνει τον αριθμό των ηλεκτρονίων στο τροχιακό

$1s^1$

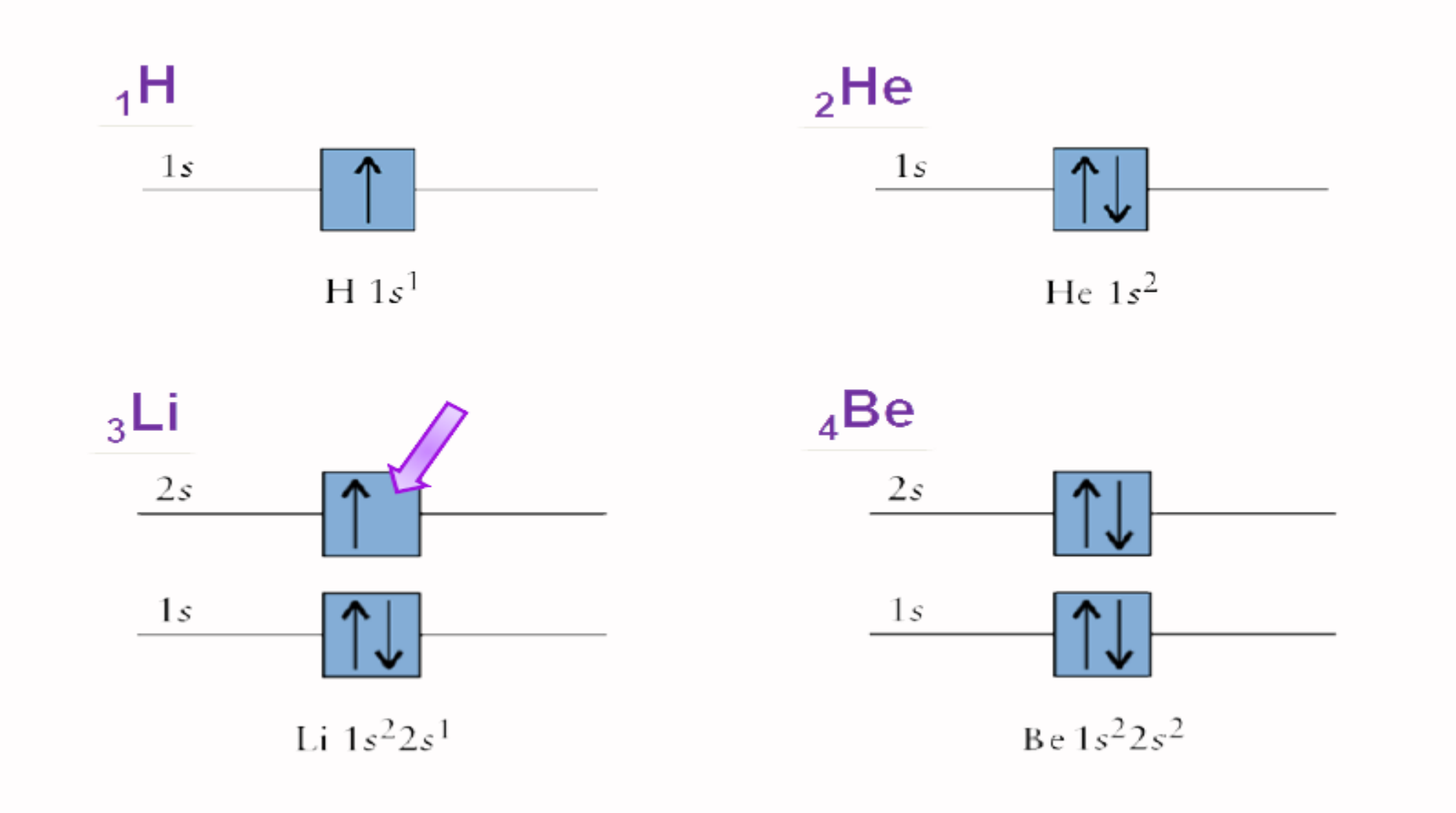
Δείχνει τον κβαντικό αριθμό *l*

Δείχνει τον κύριο κβαντικό αριθμό

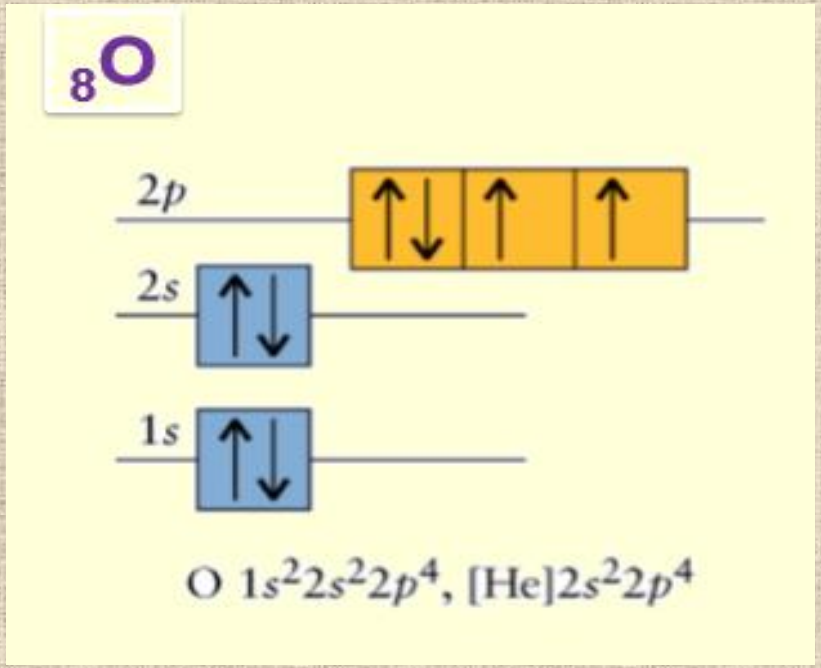


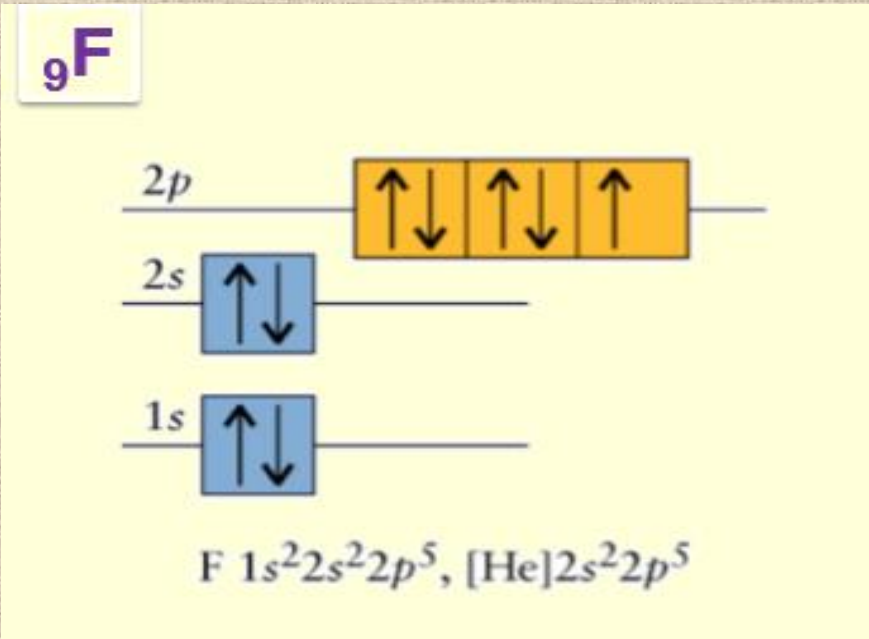
$_1H$ $1s^1$

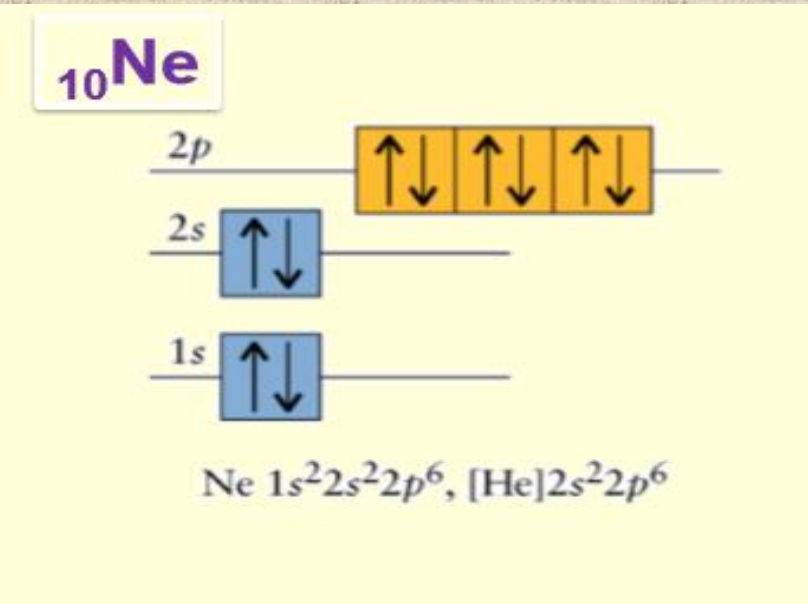
Ηλεκτρονική Απεικόνιση



Ηλεκτρονική Απεικόνιση







Ποια από τις παρακάτω p^2 ηλεκτρονιακές δομήσεις αντιπροσωπεύει την ελάχιστη ενέργεια;

Ποια ηλεκτρονιακή διαμόρφωση έχει τη μέγιστη ενέργεια;

Ποια δόμηση είναι απαγορευτική;

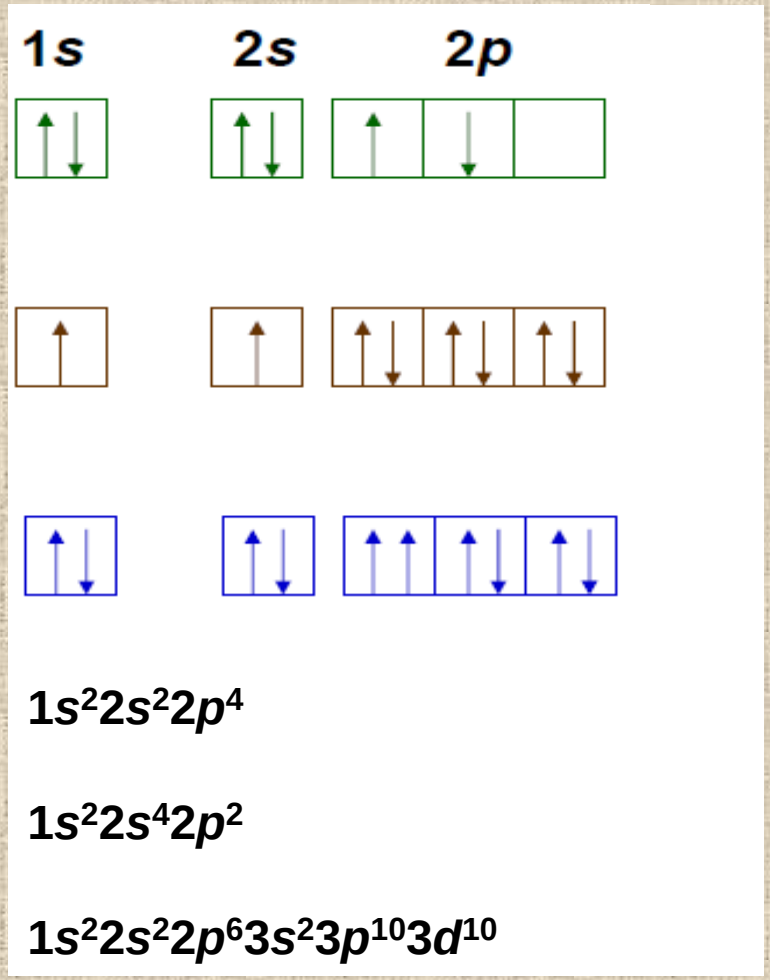
α. ↑↑ — ——

β. ↑↓ — ——

γ. ↑ ↓ — ——

δ. ↑ ↑ — ——

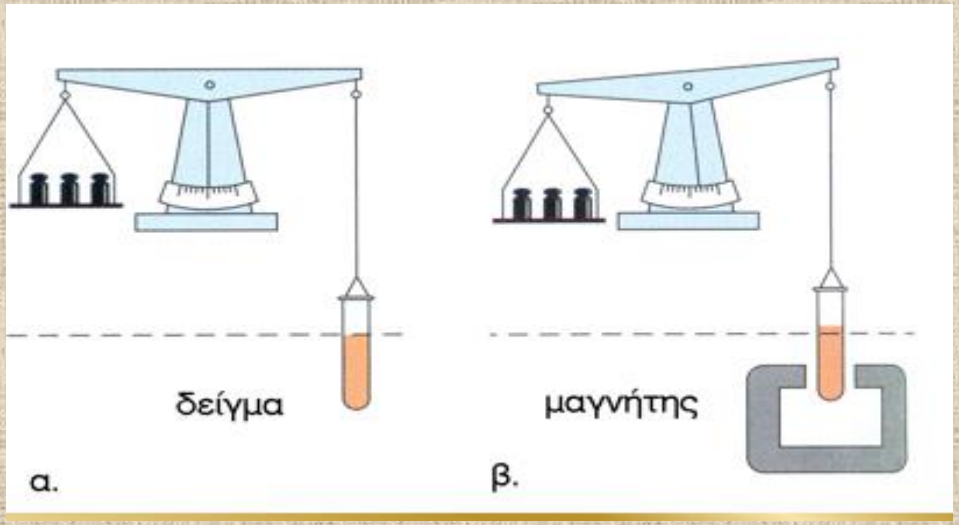
Ποιες από τις παρακάτω ηλεκτρονιακές δομήσεις είναι επιτρεπτές και ποιες απαγορευτικές. Γιατί?



Μαγνητική συμπεριφορά των υλικών

Διαμαγνητισμός

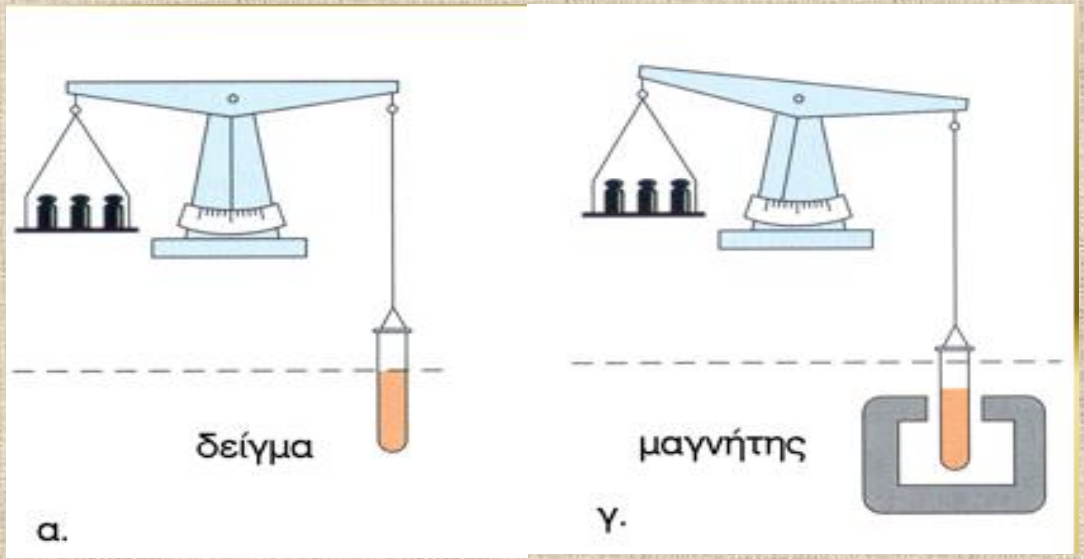
- όλα τα ηλεκτρόνια είναι συζευγμένα
- δεν υπάρχει μαγνητική ροπή λόγω spin ($\mu_s = 0$)
- τα διαμαγνητικά υλικά απωθούνται ελαφρώς από εξωτερικό μαγνητικό πεδίο



Μαγνητική συμπεριφορά των υλικών

Παραμαγνητισμός

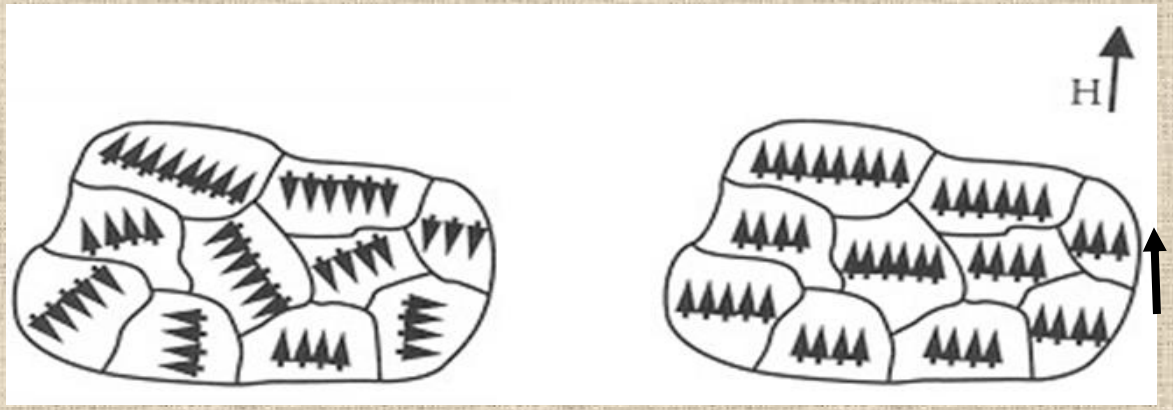
- υπάρχουν ένα η περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια
- υπάρχει μαγνητική ροπή λόγω spin ($\mu_s \neq 0$)
- τα παραμαγνητικά υλικά έλκονται ισχυρά από εξωτερικό μαγνητικό πεδίο



Παραμαγνητισμός

- Ασύζευκτα ηλεκτρόνια
- Τυχαίος προσανατολισμός (εκτός μαγνητικού πεδίου)
- Ασθενής μαγνήτιση (εντός μαγνητικού πεδίου)

Σιδηρομαγνητισμός



- Ασύζευκτα ηλεκτρόνια
- Αυθόρμητος προσανατολισμός (εκτός μαγνητικού πεδίου)
- Έντονη μαγνήτιση (εντός μαγνητικού πεδίου)

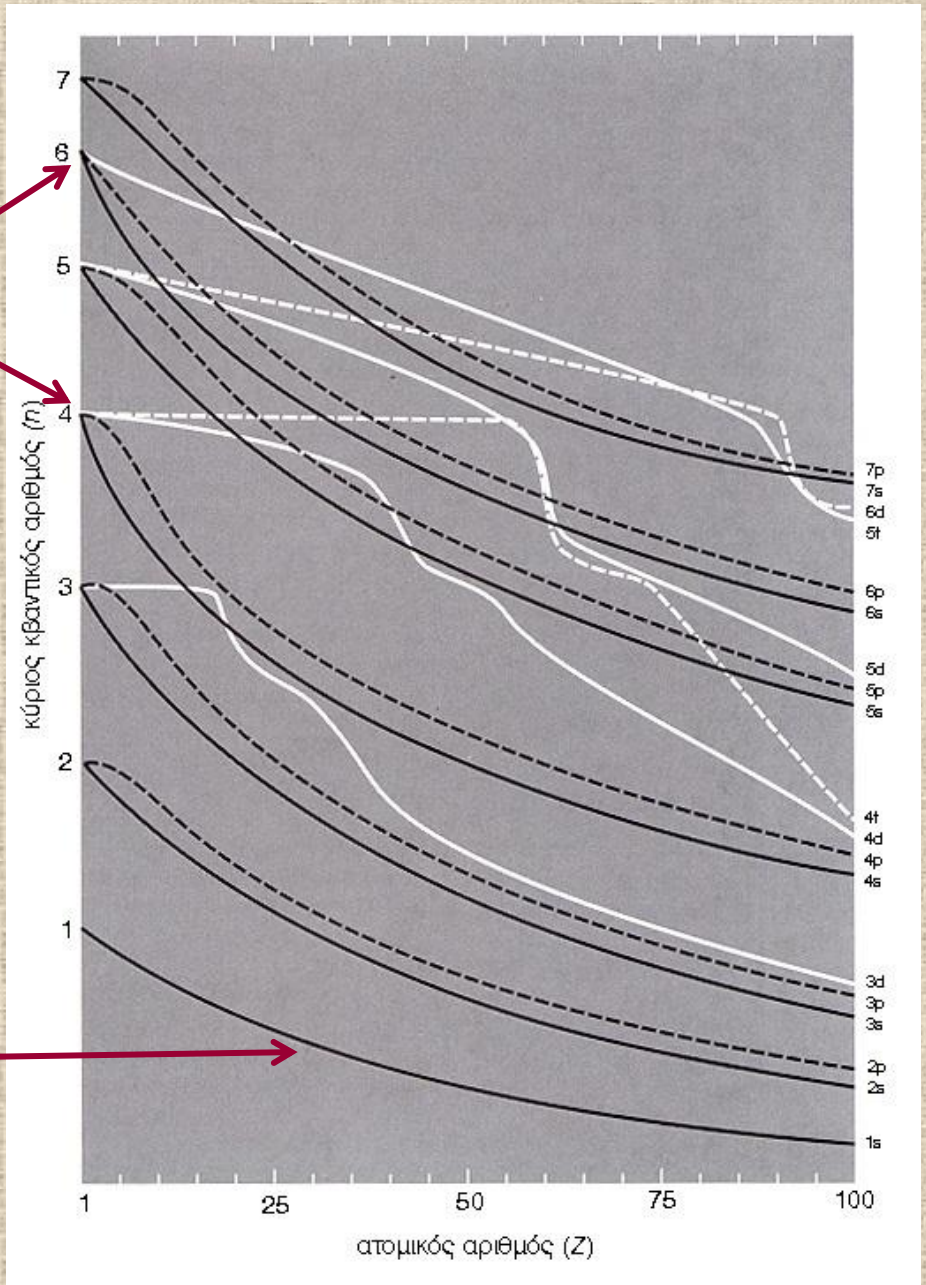
Z	Στοιχείο	Δομή	Z	Στοιχείο	Δομή
1	H	$1s^1$	19	K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
2	He	$1s^2$	20	Ca	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
3	Li	$1s^2 2s^1$	21	Sc	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$
4	Be	$1s^2 2s^2$	22	Ti	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$
5	B	$1s^2 2s^2 2p^1$	23	V	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$
6	C	$1s^2 2s^2 2p^2$	24	Cr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$
7	N	$1s^2 2s^2 2p^3$	25	Mn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$
8	O	$1s^2 2s^2 2p^4$	26	Fe	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$
9	F	$1s^2 2s^2 2p^5$	27	Co	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$
10	Ne	$1s^2 2s^2 2p^6$	28	Ni	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$
11	Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	29	Cu	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$
12	Mg	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	30	Zn	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$
13	Al	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	31	Ga	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$
14	Si	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	32	Ge	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$
15	P	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	33	As	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$
16	S	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	34	Se	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$
17	Cl	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	35	Br	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$
18	Ar	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	36	Kr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$

Ενεργειακές στάθμες σε πολυηλεκτρονιακά άτομα

Γιατί για Z=1 και ίδιο n, η ενέργεια είναι ανεξάρτητη του *l* ?

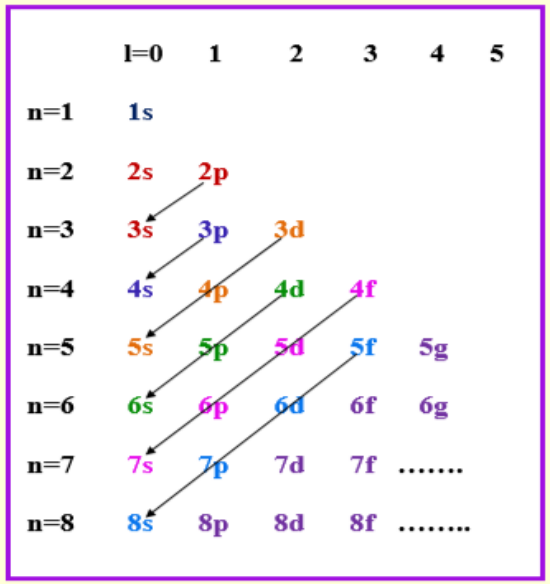
Ποια είναι η γενική τάση? Γιατί?

Γιατί η καμπύλη έχει αυτή τη μορφή?



Η επίδραση του ατομικού αριθμού στην ενέργεια των υποστιβάδων

Εξαιρέσεις στην ηλεκτρονική διαμόρφωση



1. **Αναστροφή ενεργειακής στάθμης των υποστιβάδων ns, (n-1)d, (n-2)f:**

   3d < 4s, 4d < 5s, 4f < 6s, 5f < 7s

   $_{21}$Sc: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ ✗

   $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$ ✔

2. **Η υποστιβάδα d παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα όταν είναι ημισυμπληρωμένη (d^5) ή πλήρως συμπληρωμένη (d^{10})**

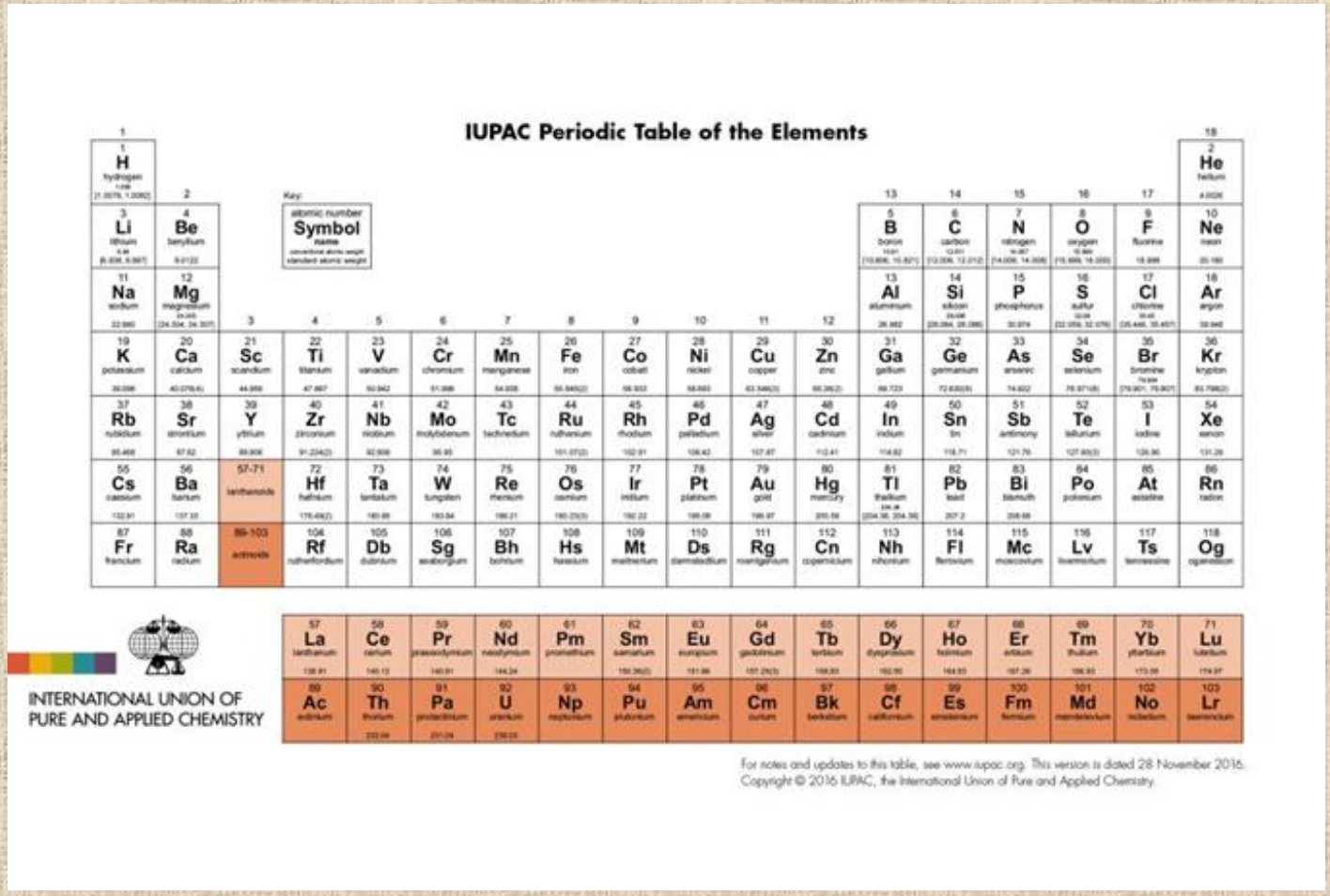
   $_{24}$Cr: $[Ar]3d^5 4s^1$ και όχι $[Ar]3d^4 4s^2$

   $_{29}$Cu: $[Ar]3d^{10} 4s^1$ και όχι $[Ar]3d^9 4s^2$

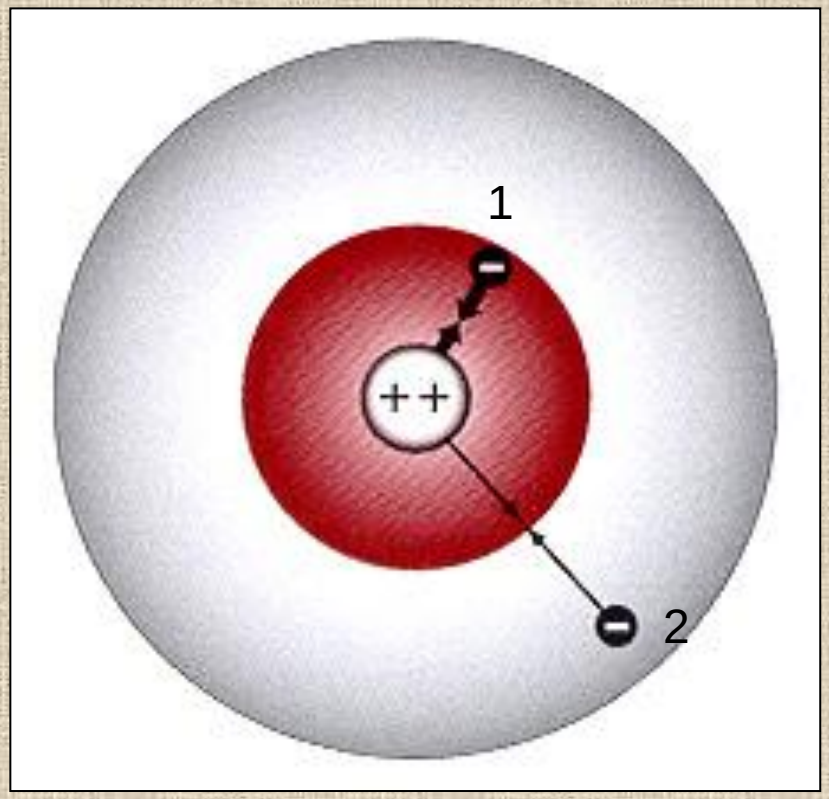
Γράψτε την τετράδα των κβαντικών αριθμών που χαρακτηρίζει τα ακόλουθα ηλεκτρόνια i) το ηλεκτρόνιο που χάνει το ιόν Cu^{+} όταν οξειδώνεται προς Cu^{2+},

ii) Το ηλεκτρόνιο που χάνει το ιόν Fe^{2+}, όταν οξειδώνεται προς Fe^{3+}.

Ατομικοί αριθμοί $_{29}Cu$, $_{26}Fe$.



Διείσδυση και θωράκιση ηλεκτρονίων



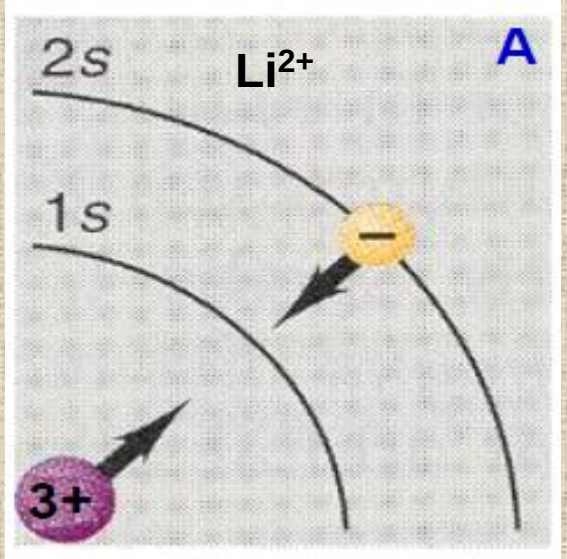
- **Διείσδυση: ικανότητα ηλεκτρονίου να προσεγγίζει τον πυρήνα του ατόμου.**
- **Μεγάλη διεισδυτικότητα e → μείωση απόστασης e-πυρήνα → μείωση ενέργειας**

- **Θωράκιση ή προάσπιση: αποτέλεσμα της άπωσης από τα εσωτερικά ηλεκτρόνια**
- **Θωράκιση → αύξηση απόστασης e-πυρήνα → αύξηση ενέργειας**

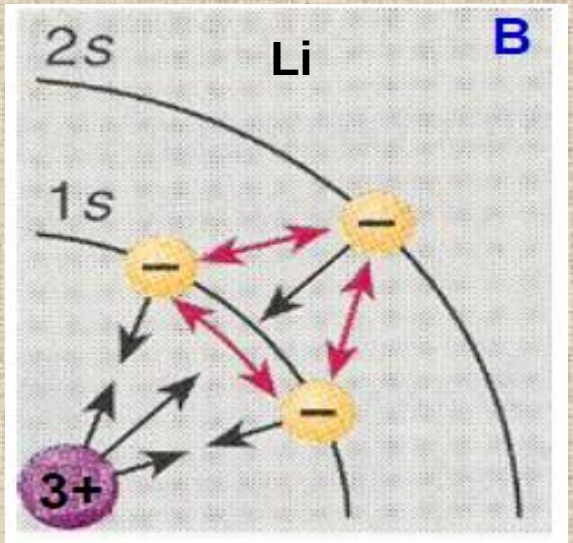
Το ηλεκτρόνιο 1 έχει μεγαλύτερη διεισδυτικότητα

Το ηλεκτρόνιο 2 θωρακίζεται από το 1

Διείσδυση και θωράκιση ηλεκτρονίων



Το μοναδικό e του Li^{2+} υφίσταται όλη την ελκτική δύναμη του φορτίου +3 του πυρήνα.



Τα δύο e που παρεμβάλλονται μειώνουν αισθητά την ελκτική δράση του πυρηνικού φορτίου πάνω στο 2s e.
Το καθαρό πυρηνικό φορτίο που έλκει τελικά ένα προστατευμένο ή θωρακισμένο e (όπως το 2s) ονομάζεται δραστικό πυρηνικό φορτίο (Z_{eff}).

ΚΑΝΟΝΕΣ SLATER

- η διεισδυτικότητα του ηλεκτρονίου καθορίζεται από το δραστικό πυρηνικό φορτίο Z*
- Δραστικό πυρηνικό φορτίο είναι το φορτίο που “αισθάνεται” το εξωτερικό ηλεκτρόνιο λόγω του φορτίου του πυρήνα και το φαινόμενο της θωράκισης από εσωτερικά ηλεκτρόνια.
- Όσο πιο μεγάλο είναι το Z* τόσο πιο μεγάλη είναι η διεισδυτικότητα του τροχιακού και τόσο περισσότερο έλκεται το ηλεκτρόνιο, άρα χαμηλότερη ενέργεια.

$$Z^* = Z - s$$

Z: ατομικός αριθμός

s: σταθερά θωράκισης

Υπολογισμός της σταθεράς προάσπισης S

Ομαδοποιούνται τα τροχιακά ως εξής (ομάδες Slater):

- **Ομάδα1:** **1*s***
- **Ομάδα 2:** **2*s* και 2*p***
- **Ομάδα 3:** **3*s* και 3*p***
- **Ομάδα 4:** **3*d***
- **Ομάδα 5:** **4*s* και 4*p***
- **Ομάδα 6:** **4*d***
- **Ομάδα 7:** **4*f***
- **Ομάδα 8:** **5*s* και 5*p* κλπ.**

Ηλεκτρόνια που βρίσκονται σε ομάδα μεγαλύτερη από την ομάδα του ηλεκτρονίου που εξετάζουμε δεν συνεισφέρουν στη θωράκιση
(S = 0)

ΚΑΝΟΝΕΣ SLATER

Για τα ηλεκτρόνια των τροχιακών ns και np:

- **για κάθε ηλεκτρόνιο της ίδιας ομάδας S = 0.35 -** ***ειδικά για το 1s ηλεκτρόνιο S = 0.30***
- **για τα ηλεκτρόνια των n-1 τροχιακών *S* = 0.85**
- **για τα ηλεκτρόνια των n-2 τροχιακών (και χαμηλότερων στιβάδων) *S* =1.00**

Για τα ηλεκτρόνια των τροχιακών nd ή nf :

- **για κάθε ηλεκτρόνιο της ίδιας ομάδας *S* = 0.35**
- **για κάθε ηλεκτρόνιο χαμηλότερης ομάδας *S* = 1.00**

Παράδειγμα 1

Να υπολογιστεί το δραστικό πυρηνικό φορτίο ενός ηλεκτρονίου σθένους του ατόμου του $_8$O

Η ηλεκτρονιακή διαμόρφωση του οξυγόνου είναι: $_8$O: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$

Η ομαδοποίηση σε τροχιακά σύμφωνα με τους κανόνες Slater είναι: $(1s^2)\ (2s^2\ 2p^4)$

Για ένα από τα ηλεκτρόνια σθένους το δραστικό πυρηνικό φορτίο είναι:

$Z^* = Z - S = 8-[(2 \times 0.85)+(5 \times 0.35)] = 4.55$

Δηλαδή, το ηλεκτρόνιο σθένους συγκρατείται λόγω του φαινομένου θωράκισης με το $(4.55/8) \times 100 \approx 57\%$ της δύναμης που ασκεί ο πυρήνας των 8 πρωτονίων.

Παράδειγμα 2

Να υπολογιστεί το δραστικό πυρηνικό φορτίο ενός 3*d* και ενός 4*s* ηλεκτρονίου του $_{28}$Ni

Η ηλεκτρονιακή διαμόρφωση του νικελίου είναι:

$$_{28}\mathrm{Ni}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$$

Η ομαδοποίηση σε τροχιακά σύμφωνα με τους κανόνες Slater είναι:

$$(1s^2)\ (2s^2\ 2p^6)\ (3s^2\ 3p^6)\ (3d^{\,8})\ (4s^2)$$

Για ένα 3*d* ηλεκτρόνιο το δραστικό πυρηνικό φορτίο είναι:

$$Z^* = Z - S = 28 - [(18 \times 1.00) + (7 \times 0.35)] = 7.55$$

27%

Για ένα 4*s* ηλεκτρόνιο το δραστικό πυρηνικό φορτίο είναι:

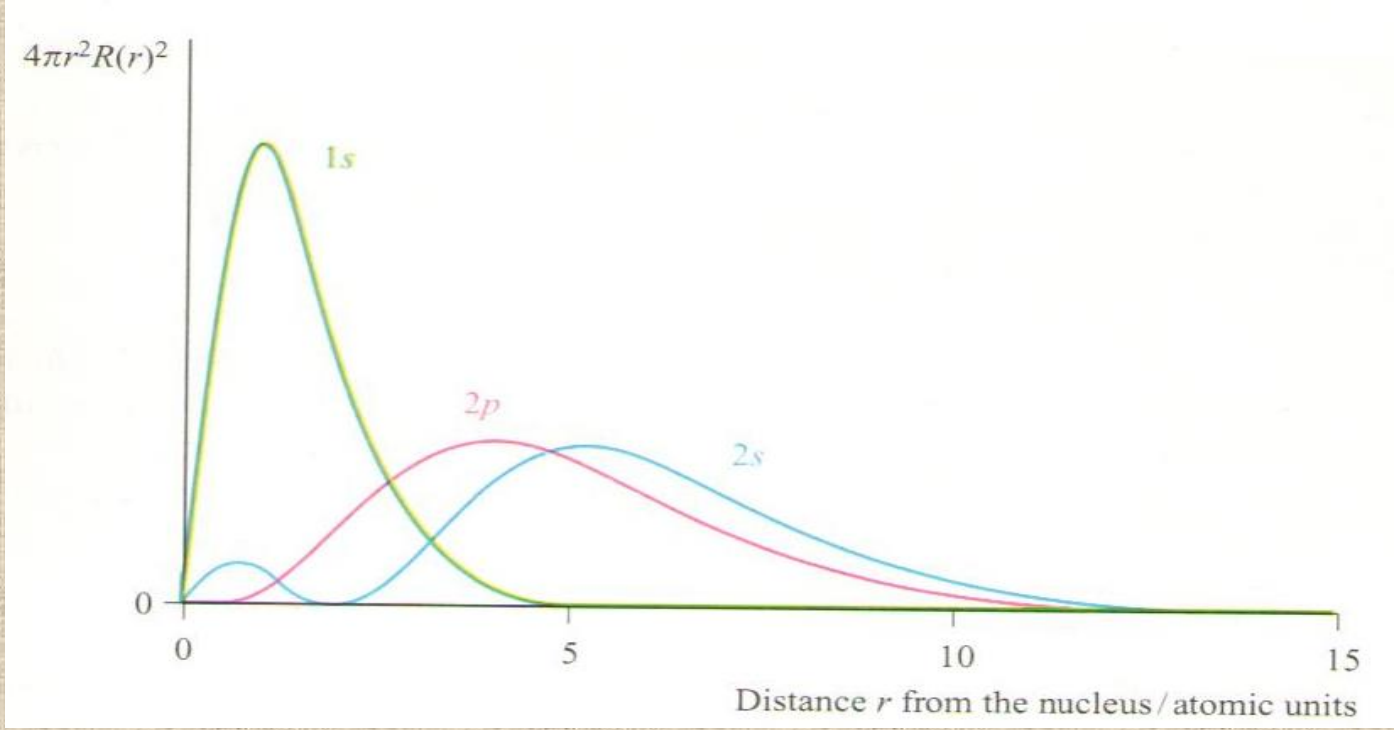
$$Z^* = Z - S = 28 - [(10 \times 1.00) + (16 \times 0.85) + (1 \times 0.35)] = 4.05$$

14.5%

Χρησιμοποιώντας τους κανόνες του Slater, να δείξετε ότι, για το K, η ηλεκτρονιακή δόμηση $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ είναι ενεργειακά σταθερότερη από την $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1$

Χρησιμοποιώντας τους κανόνες του Slater να δείξετε γιατί η ηλεκτρονιακή δόμηση του Cr είναι $_{24}Cr$: $[Ar]3d^5 4s^1$ και όχι $[Ar]3d^4\ 4s^2$

Χρησιμοποιώντας το παρακάτω διάγραμμα και τις έννοιες διείσδυσης - θωράκισης να εξηγήσετε γιατί η ηλεκτρονιακή δομή του $_3Li$ είναι $1s^2 2s^1$ και όχι $1s^2 2p^1$



Ηλεκτρονιακή διαμόρφωση ευγενών αερίων

συμπληρωμένα s και p τροχιακά της εξωτερικής στιβάδας

(2 και 6 ηλεκτρόνια, αντίστοιχα)

He: $1s^2$

Ne: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

Ar: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

Kr: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6$

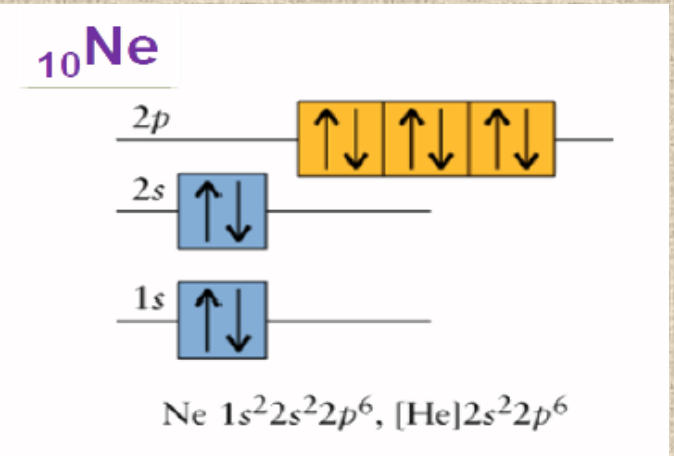
Xe: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6$

Ne: [He] $2s^2\ 2p^6$

Ar: [Ne] $3s^2\ 3p^6$

Kr: [Ar] $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6$

Xe: [Kr] $5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6$



Τάση ορισμένων στοιχείων να αποκτήσουν δομή ευγενούς αερίου (ns^2np^6)

Τα αλκάλια (Li, Na, K, Rb, Cs) τείνουν να αποβάλλουν το μοναδικό e- της εξωτερικής τους στιβάδας:

$$_{11}Na{:}1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1 \longrightarrow {}_{11}Na^+{:}1s^2\ 2s^2\ 2p^6$$

Τα αλογόνα (F, Cl, Br, I) τείνουν να προσλάβουν 1 e-.

$$_{17}Cl{:}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5 \longrightarrow {}_{17}Cl^-{:}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$$

Τάση ορισμένων στοιχείων να αποκτήσουν δομή $(n-1)d^{10}$

Η διαμόρφωση με συμπληρωμένα τα d τροχιακά είναι πολύ σταθερή ενεργειακά με συνέπεια κάποια στοιχεία να αποβάλουν e- από τα ns και np τροχιακά της εξωτερικής στιβάδας προκειμένου να αποκτήσουν την σταθερή δομή $(n-1)d^{10}$.

$$_{30}Zn: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2$$

$$\downarrow$$

$$_{30}Zn^{2+}: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$$

Τάση ορισμένων στοιχείων να αποκτήσουν δομή $(n-1)d^5$

Η διαμόρφωση με ημισυμπληρωμένα τα d τροχιακά είναι σταθερή ενεργειακά (λιγότερο από την d^{10}) με συνέπεια κάποια στοιχεία να αποβάλουν e- από τα s τροχιακά της εξωτερικής στιβάδας προκειμένου να αποκτήσουν την σταθερή δομή $(n-1)d^5$.

$$_{26}Fe: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$$

$$\downarrow$$

$$_{26}Fe^{3+}: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5$$

Ποια είναι η ηλεκτρονιακή δομή των ακόλουθων ατόμων στη θεμελιώδη κατάσταση; $_{7}N$, $_{16}S$, $_{17}Cl$, $_{19}K$, $_{22}Ti$, $_{26}Fe$, $_{28}Ni$, $_{30}Zn$. β) Πόσα ασύζευκτα ηλεκτρόνια διαθέτει καθένα από αυτά τα άτομα και πόσα ηλεκτρόνια σθένους; γ) Ποια από τα παραπάνω άτομα είναι διαμαγνητικά; Ποια είναι παραμαγνητικά;

Να γραφεί η ηλεκτρονιακή κατανομή σε υποστιβάδες και στιβάδες για τα ιόντα: $_{17}Cl^{-}$, $_{7}N^{+}$, $_{20}Ca^{2+}$, $_{34}Se^{2-}$, $_{35}Br^{-}$

Να γραφεί η ηλεκτρονιακή δομή σε υποστιβάδες και στιβάδες για τα άτομα $_{25}Mn$, $_{26}Fe$, $_{28}Ni$ και $_{29}Cu$. Πόσα μονήρη ηλεκτρόνια διαθέτει το κάθε άτομο στη θεμελιώδη κατάσταση; Να κατατάξετε τα στοιχεία με αυξανόμενο παραμαγνητισμό. Να γραφεί η ηλεκτρονιακή δομή για τα ιόντα Mn^{2+}, Fe^{2+} και Fe^{3+}, $_{28}Ni^{2+}$ και Cu^{1+}.

Διατάξτε τα τροχιακά 1s, 2s, 2p, 3s, 3p και 3d κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας. Να δικαιολογηθεί η απάντησή σας.

Ποιες από τις παρακάτω ηλεκτρονιακές δομές δεν είναι σωστές;
α) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^3$, β) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{11} 4s^2$, γ) K(2) L(8) M(19) N(2),
δ) $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2$

Ποιες από τις επόμενες ηλεκτρονιακές δομές αντιστοιχούν σε διεγερμένη κατάσταση ατόμου και ποιες σε δομή ιόντος; α) $_5B$: $1s^2 2s^2 2p^2$, β) $_{10}Ne$: $1s^2 2s^2 2p^4 3s^2$, γ) $_{19}K$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, δ) $_{16}S$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

Να υπολογίσετε τον ελάχιστο ατομικό αριθμό ενός στοιχείου το άτομο του οποίου στη θεμελιώδη κατάσταση έχει: α) 4 ηλεκτρόνια σε p τροχιακά, β) 3 ηλεκτρόνια σε d τροχιακά, γ) άθροισμα των κβαντικών αριθμών του spin ίσο με 1, δ) 3 μονήρη ηλεκτρόνια.

Κατά ποια σειρά τα παρακάτω τροχιακά θα συμπληρωθούν με ηλεκτρόνια σύμφωνα με την Αρχή Δομήσεως; Γιατί;

4d, 4f, 5s, 5p, 5d, 6s

→4.22 Σε ποιες από τις παρακάτω περιπτώσεις πρόκειται για ουδέτερο άτομο, θετικό ή αρνητικό ιόν;

(a)	$_{3}Li$:	$1s^2 2p^1$	(b)	$_{16}S$:	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
(c)	$_{1}H$:	$1s^2$	(d)	$_{6}C$:	$1s^2 2s^2 2p^1 2d^1$
(e)	$_{2}He$:	$1p^1$	(f)	$_{10}Ne$:	$1s^2 2s^1 2p^7$
(g)	$_{7}N$:	$1s^2 2s^1 2p^3$	(h)	$_{21}Sc$:	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$
(i)	$_{8}O$:	$1s^2 2s^2 2p^3$	(j)	$_{9}F$:	$1s^2 2s^2 2p^5 3s^1$

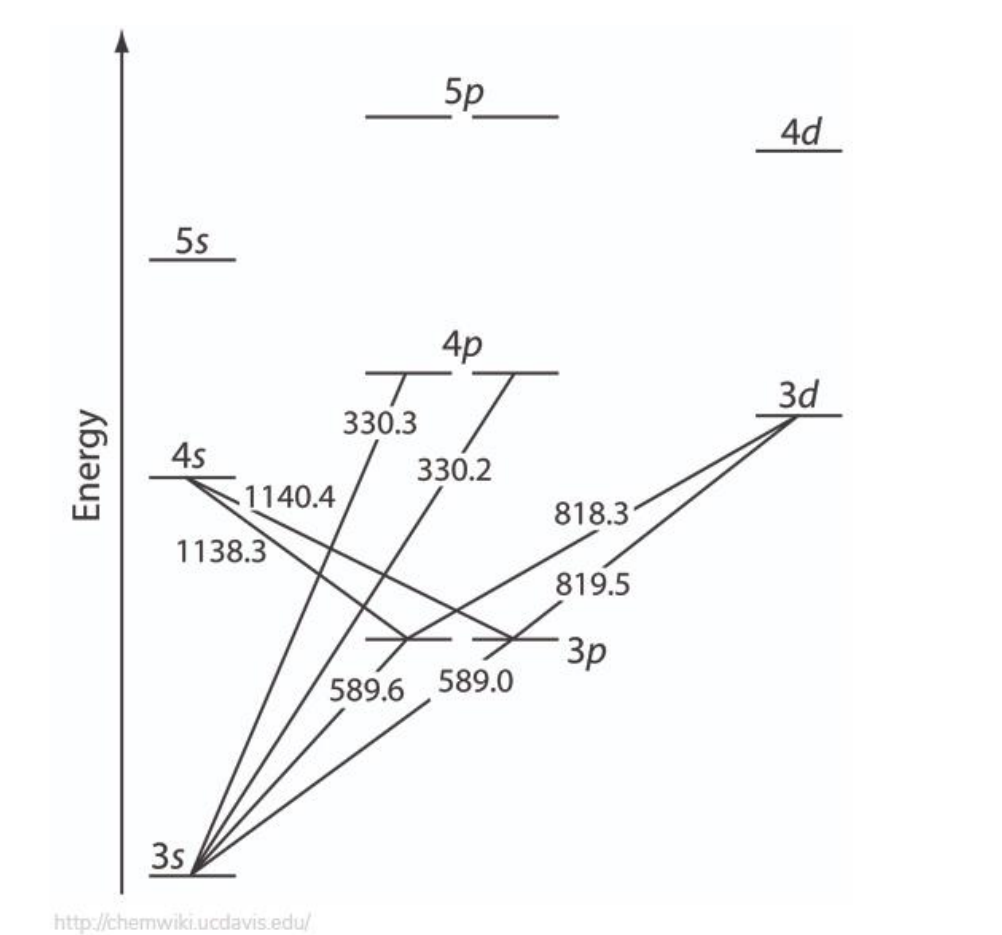
Ποιες απ' αυτές τις ηλεκτρονικές δομές αντιπροσωπεύουν θεμελιώδη ή διεγερμένη κατάσταση και ποιες είναι αδύνατες;

Να κατατάξετε τα παρακάτω στοιχεία κατά σειρά αυξανόμενου παραμαγνητισμού:

$_{14}Si^{2+}$, $_{22}Ti^{2+}$, $_{25}Mn^{2+}$, $_{29}Cu^{2+}$, $_{47}Ag^{+}$

Ποια είναι η ηλεκτρονιακή δομή των τριών πρώτων διεγερμένων καταστάσεων του ατόμου $_{11}Na$. Ποια είναι η πρώτη διεγερμένη κατάσταση του $_{11}Na^{+}$

Διεγερμένες καταστάσεις (excited states)



Ενεργειακές στάθμες στο άτομο Na

Κανόνες επιλογής

ΔΙ = ±1 (≠ 0)

ΔS = 0

2s → 2p ΔS=0 ΔΙ = 1 √

3s → 3d ΔS=0 ΔΙ = 2 ×

❖ ***οι μετακινήσεις είναι διαγώνιες – από και προς διπλανές στήλες***