

# Άσκηση 7.50

(α) Υπολογίστε το μήκος κύματος (σε πικόμετρα) ενός πρωτονίου που κινείται με ταχύτητα  $6,21 \text{ km s}^{-1}$

(β) Ποια θα ήταν η περιοχή του φάσματος για ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αυτού του μήκους κύματος;

## ΛΥΣΗ

(α) Χρησιμοποιείται η εξίσωση του de Broglie ( $\lambda = h/mu$ ), όπου  $m$  η μάζα του πρωτονίου ( $1,67262 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ),  $h$  η σταθερά του Planck ( $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s} = 6,63 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ ) και  $u = 6,21 \text{ km s}^{-1}$  :

$$\lambda = h/mu = 6,379 \times 10^{-11} \text{ m ή } 63,8 \text{ pm}$$

(β) Το μήκος κύματος των  $63,8 \text{ pm}$  εμπίπτει στην περιοχή των ακτίνων-Χ του φάσματος

# Άσκηση 7.115

Ποιος είναι ο εκφυλισμός του επιπέδου  $n = 5$  στο άτομο H;

[Ο όρος **εκφυλισμός** σημαίνει τον αριθμό των διαφόρων κβαντικών καταστάσεων ενός ατόμου ή μορίου που έχουν την ίδια ενέργεια. Για παράδειγμα, ο εκφυλισμός του επιπέδου  $n = 2$  του υδρογονατόμου είναι 4 (μία κβαντική κατάσταση  $2s$  και τρεις διαφορετικές καταστάσεις  $2p$ )]

## ΛΥΣΗ

$$n = 5 \Rightarrow \ell = 0, 1, 2, 3, 4$$

Ο **εκφυλισμός** του επιπέδου  $n = 5$  του υδρογονατόμου είναι **25**:

Μία κβαντική κατάσταση  $5s$

Τρεις διαφορετικές καταστάσεις  $5p$

Πέντε διαφορετικές καταστάσεις  $5d$

Επτά διαφορετικές καταστάσεις  $5f$

Εννέα διαφορετικές καταστάσεις  $5g$

# Άσκηση 7.5α

Εξακριβώστε ποιες από τις παρακάτω τριάδες κβαντικών αριθμών θα ήταν επιτρεπτές και ποιες όχι για ένα ηλεκτρόνιο ατόμου.

(α)  $n = 0, \ell = 0, m_\ell = 0,$

(β)  $n = 1, \ell = 1, m_\ell = 0$

(γ)  $n = 1, \ell = 0, m_\ell = 0,$

(δ)  $n = 2, \ell = 1, m_\ell = -1$

## Αζιμουθιακός κβαντικός αριθμός

$\ell$	Υποφλοιός	Σχήμα Υποφλοιού
0	sharp - s	σφαιρικό 
1	principal - p	αλτήρα 
2	diffused - d	Τετράφυλλο τριφύλλι 
3	fundamental - f	πολύπλοκο 

## ΑΠΑΝΤΗΣΗ

(α) Μη επιτρεπτή. (Επιτρεπτές τιμές  $n : 1, 2, 3, \dots - \infty$ )

(β) Μη επιτρεπτή. [Επιτρεπτές τιμές  $\ell : 0, \dots - (n - 1)$ ]

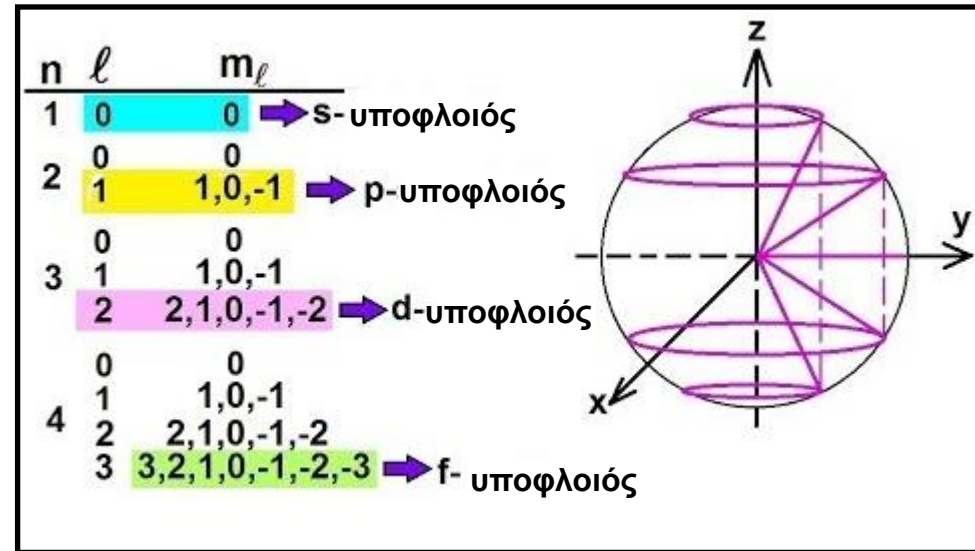
(γ) Επιτρεπτή (1s)

(δ) Επιτρεπτή (2p)

# Άσκηση 7.7

Εξηγήστε γιατί καθεμιά από τις παρακάτω τετράδες κβαντικών αριθμών δεν είναι επιτρεπτή για ένα τροχιακό.

- (α)  $n = 0, \ell = 1, m_\ell = 0, m_s = +1/2$
- (β)  $n = 2, \ell = 3, m_\ell = 0, m_s = -1/2$
- (γ)  $n = 3, \ell = 2, m_\ell = +3, m_s = +1/2$
- (δ)  $n = 3, \ell = 2, m_\ell = +2, m_s = 0$



## ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- (α) Επιτρεπτές τιμές  $n : 1, 2, 3, \dots - \infty$
- (β) Επιτρεπτές τιμές  $\ell : 0, \dots - (n - 1)$
- (γ) Επιτρεπτές τιμές  $m_\ell : \text{από } -\ell \text{ έως } +\ell$
- (δ) Επιτρεπτές τιμές  $m_s : +1/2 \text{ και } -1/2$

# Άσκηση 7.5β

- (α) Πώς χαρακτηρίζεται το τροχιακό με τους κβαντικούς αριθμούς  $n = 4$ ,  $\ell = 2$  και  $m_\ell = 0$ ;
- (β) Ποιοι είναι οι τρεις κβαντικοί αριθμοί που αντιστοιχούν στο τροχιακό  $5p$ ;
- (γ) Πόσα τροχιακά έχουν τις τιμές  $n = 5$  και  $\ell = 2$ ;

## ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- (α)  $4d$
- (β)  $n = 5$ ,  $\ell = 1$  και  $m_\ell = -1$
- (γ) 5

# 5. Ηλεκτρονικές Δομές και Περιοδικότητα

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

- Spin ηλεκτρονίου και απαγορευτική αρχή του Pauli
- Αρχή δόμησης και περιοδικός πίνακας
- Αναγραφή ηλεκτρονικών δομών με χρησιμοποίηση του περιοδικού πίνακα
- Διαγράμματα τροχιακών των ατόμων – Κανόνας του Hund
- Προβλέψεις του Mendeleev βάσει του περιοδικού πίνακα
- Μερικές περιοδικές ιδιότητες
- Περιοδικότητα στα στοιχεία των κυρίων ομάδων

Πάντα γνώριζαν ότι ομάδες στοιχείων είχαν όμοιες ιδιότητες;



Marie Skłodowska Curie (1867– 1934),  
Γαλλίδα χημικός πολωνικής καταγωγής  
N.P.: Φυσικής 1903 και Χημείας 1911

## Marie Curie

Ανακάλυψη **ραδίου** (1898)  
(με δυσκολία λόγω  
ομοιότητας του με **βάριο**)

## Dmitri Mendeleev(1869)

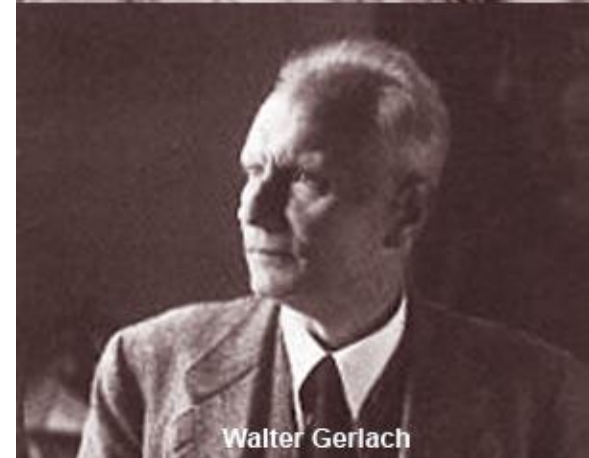
Ταξινόμηση των  
στοιχείων βάσει όμοιων  
ιδιοτήτων -> στήλες:  
**Be, Ca, Sr, Ba, Ra**

2A
4
<b>Be</b>
9.012182
Beryllium
12
<b>Mg</b>
24.3050
Magnesium
20
<b>Ca</b>
40.078
Calcium
38
<b>Sr</b>
87.62
Strontium
56
<b>Ba</b>
137.327
Barium
88
<b>Ra</b>
[226]
Radium

Σήμερα: ταξινόμηση των  
στοιχείων (περιοδικός  
πίνακας) βάσει της  
**ηλεκτρονικής δομής**

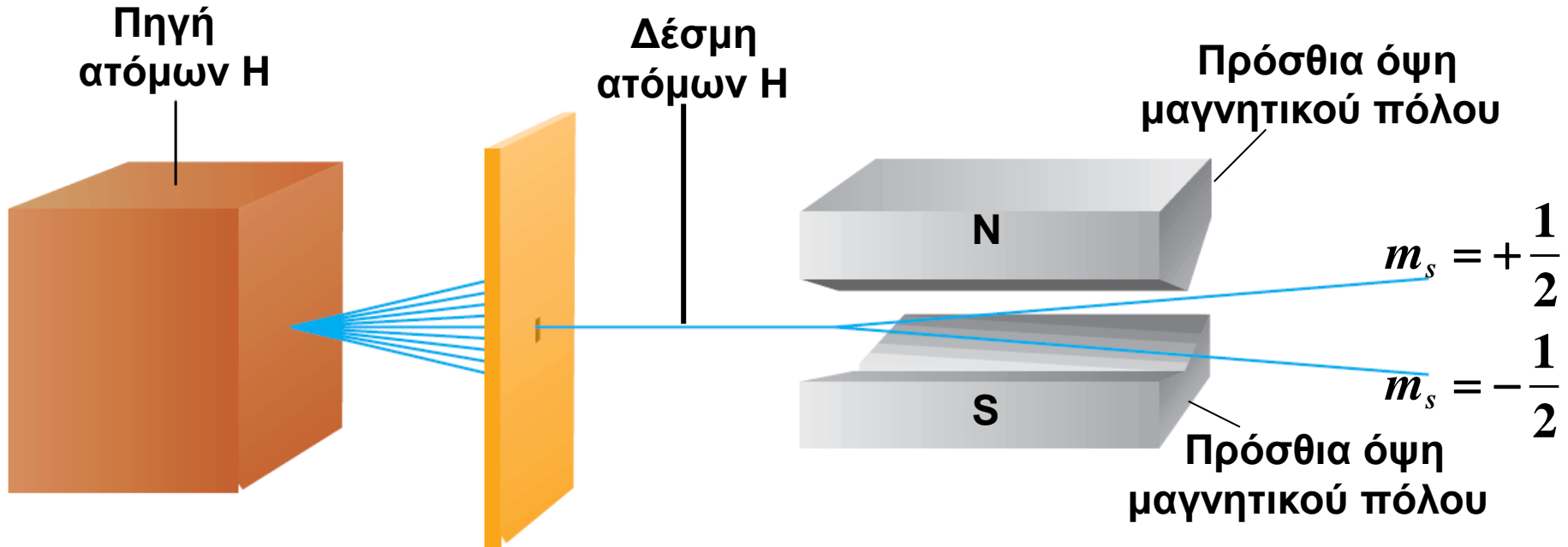
# Το spin του ηλεκτρονίου

- ❖ Οι κβαντικοί αριθμοί,  $n$ ,  $\ell$ , και  $m_\ell$  περιγράφουν κάθε τροχιακό.
- Ο κβαντικός αριθμός  $m_s$  περιγράφει τον προσανατολισμό του spin του ηλεκτρονίου.
- Η ύπαρξη του spin του ηλεκτρονίου διαπιστώθηκε το 1921 στο Πανεπιστήμιο της Φρανκφούρτης με το περίφημο πείραμα των γερμανών φυσικών **Otto Stern (1888-1969)** και **Walter Gerlach (1889-1979)**.





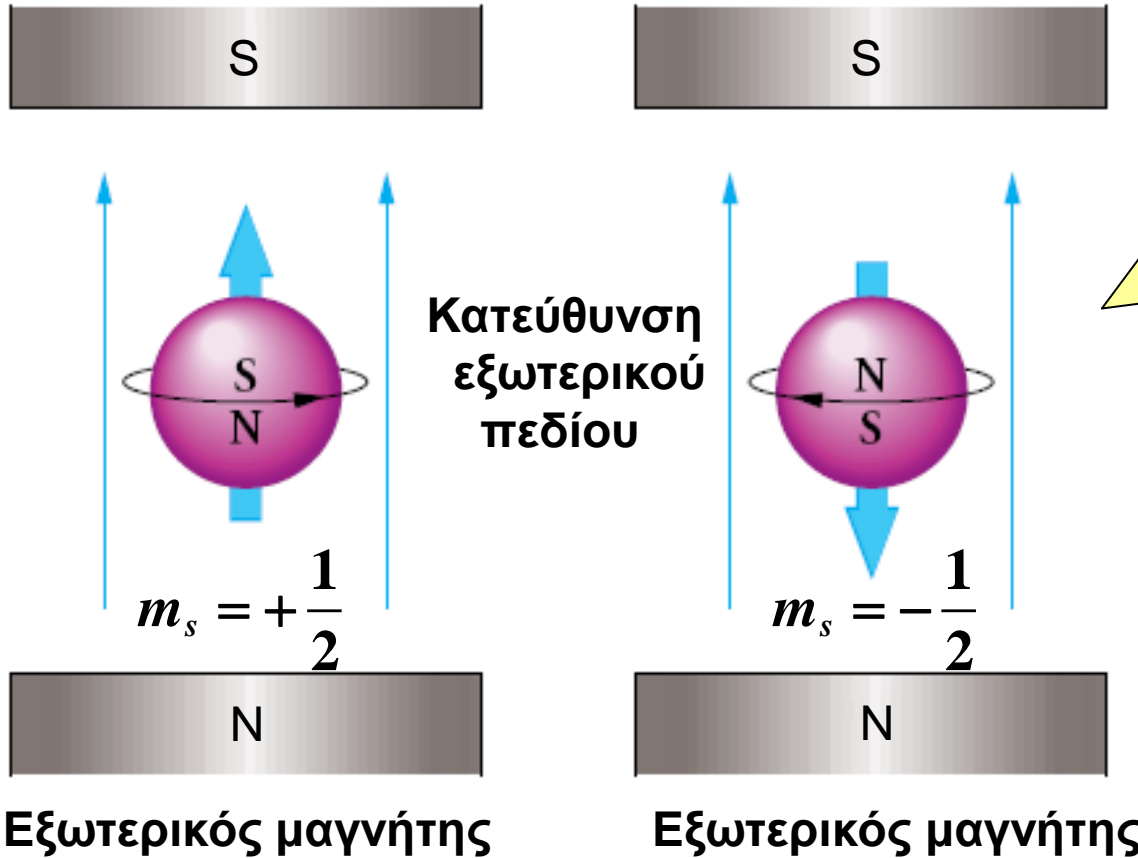
# Το πείραμα των Stern-Gerlach (1921) (Η ανακάλυψη του spin του ηλεκτρονίου)



Εδώ, για απλούστευση της θεωρητικής ερμηνείας, χρησιμοποιούνται άτομα υδρογόνου, αντί των ατόμων αργύρου με τα οποία πραγματοποιήθηκε το αρχικό πείραμα. Μια δέσμη ατόμων υδρογόνου σχάζεται σε δύο από ένα ανομοιογενές μαγνητικό πεδίο.

Η μία δέσμη αποτελείται από άτομα, καθένα από τα οποία έχει ένα ηλεκτρόνιο με  $m_s = +1/2$  και η άλλη δέσμη από άτομα, καθένα από τα οποία έχει ένα ηλεκτρόνιο με  $m_s = -1/2$ .

# Το spin του ηλεκτρονίου



Συμβατικά, το **δεξιόστροφο spin** χαρακτηρίζεται από τον **μαγνητικό κβαντικό αριθμό του spin  $+1/2$** , ενώ το **αριστερόστροφο spin** από τον **μαγνητικό κβαντικό αριθμό του spin  $-1/2$** .

Τα ηλεκτρόνια συμπεριφέρονται ως **μικροσκοπικοί ραβδόμορφοι μαγνήτες**

Τα δύο μοντέλα δείχνουν τους δύο δυνατούς **προσανατολισμούς του spin**.

Συμβατικά, η **κατεύθυνση του spin** δίνεται από το **παχύ βέλος** που βρίσκεται πάνω στον **άξονα του spin**.

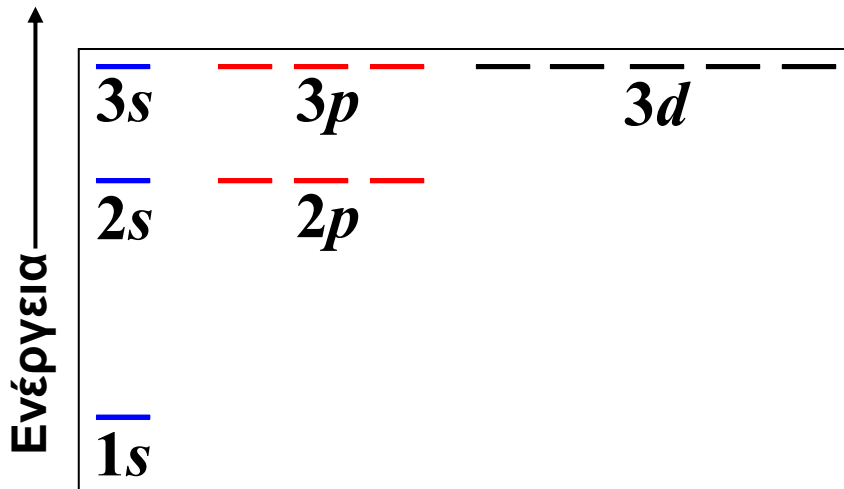
# Πολυηλεκτρονικά άτομα

👉 Πώς αυξάνονται οι ενέργειες των τροχιακών στο άτομο H;

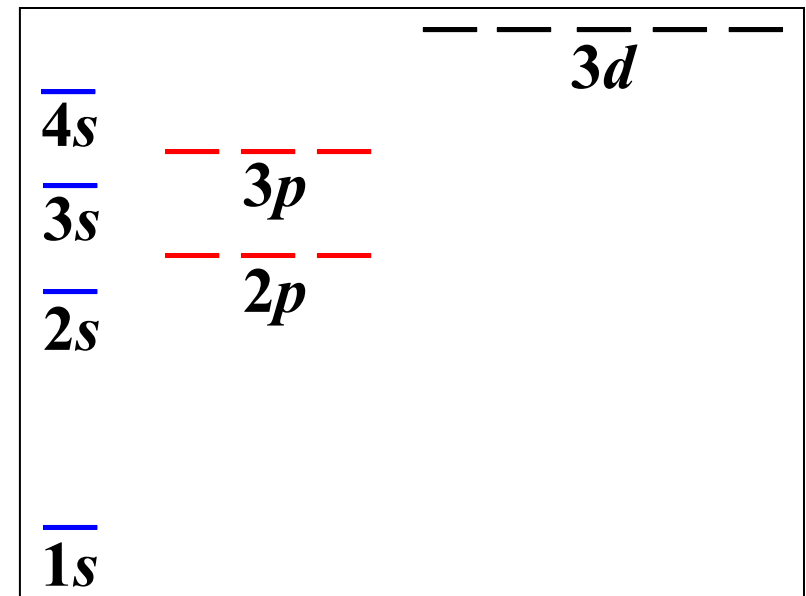
Η ενέργεια του ηλεκτρονίου στο άτομο H εξαρτάται μόνο από τον  $n \Rightarrow 1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < 4s \dots$  (τροχιακά ενεργειακά εκφυλισμένα)

👉 Τι ισχύει για τα πολυηλεκτρονικά άτομα;

Εδώ η ενέργεια ενός ηλεκτρονίου εξαρτάται όχι μόνο από τον  $n$ , αλλά και από τον  $\ell \Rightarrow$  διαχωρισμός των επιπέδων ενέργειας των υποφλοιών καθενός φλοιού = *άρση εκφυλισμού* (π.χ.  $3s < 3p < 3d$ )



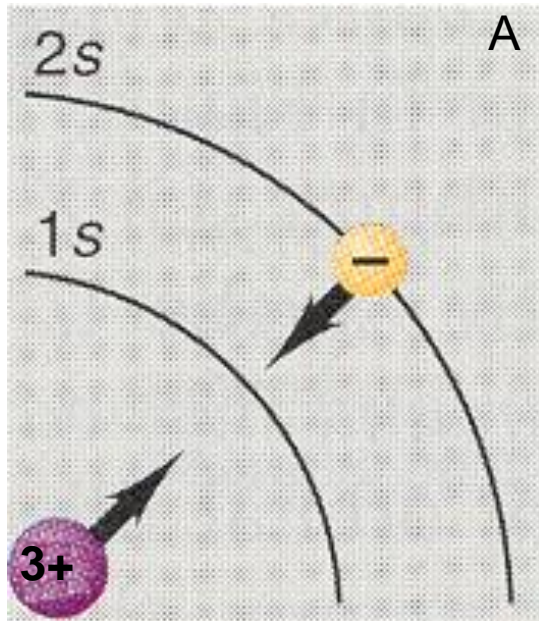
Άτομο υδρογόνου



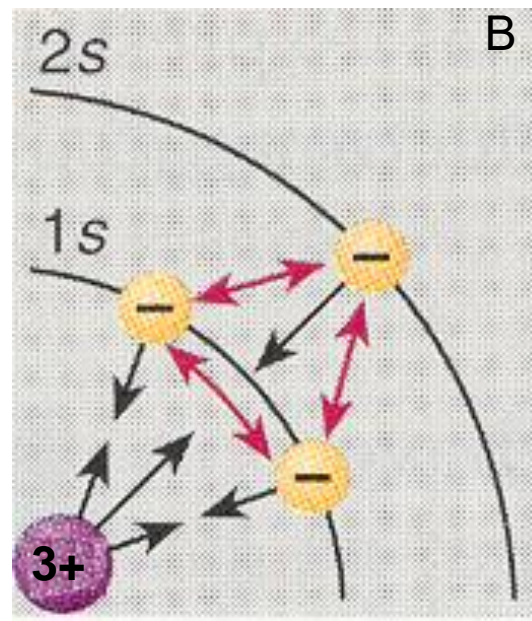
Πολυηλεκτρονικό άτομο

# Δραστικό πυρηνικό φορτίο ( $Z_{eff}$ ) και Ενέργειες τροχιακών

Τι ονομάζουμε φαινόμενο θωράκισης ή προάσπισης;



A. Το μοναδικό e του  $\text{Li}^{2+}$  «αισθάνεται» επάνω του **όλη** την έλξη του φορτίου +3 του πυρήνα.



B. Τα δύο e 1s που παρεμβάλλονται μεταξύ πυρήνα και e 2s στο άτομο Li 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 ( $Z_{eff}$ )**.

$$Z_{eff} = Z - s$$

Σταθερά προασπίσεως ή θωρακίσεως

# Ηλεκτρονικές δομές

Ηλεκτρονική δομή (ή αλλιώς ηλεκτρονική διάταξη ή ηλεκτρονική διαμόρφωση) ατόμου: μια **συγκεκριμένη κατανομή των  $e$**  στους υποφλοιούς των ατόμων

☞ Γιατί πρέπει να γνωρίζουμε τις ηλεκτρονικές δομές των ατόμων;

☞ Ποιους κανόνες πρέπει να γνωρίζουμε για την αναγραφή της ηλεκτρονικής δομής ενός ατόμου;

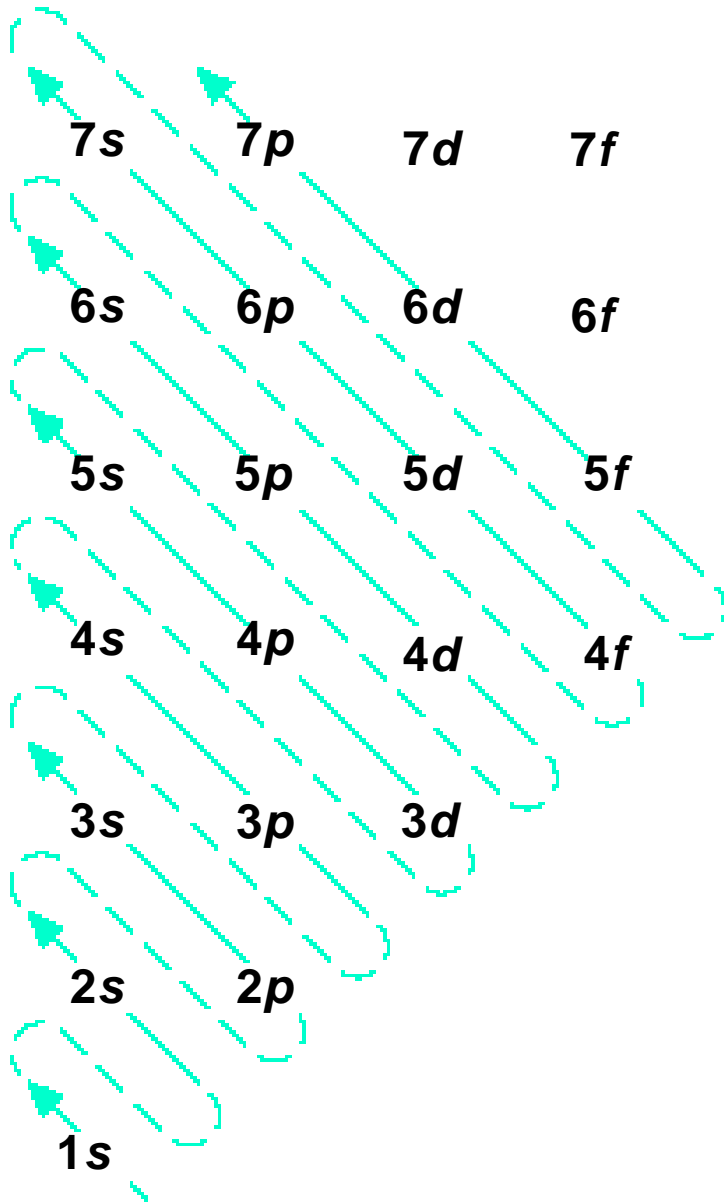
☞ Ποια είναι η Αρχή της Δομήσεως (Pauli);

☞ Τι λέει η Αρχή της ελάχιστης ενέργειας, η απαγορευτική Αρχή του Pauli και ο κανόνας του Hund;

☞ Η σειρά κατάληψης των τροχιακών που βρέθηκε από φασματοσκοπικές και μαγνητικές έρευνες:

**1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p**

# Μνημονικό διάγραμμα για τη σειρά δόμησης



(α) Γράφουμε τους υποφλοιούς σε οριζόντιες σειρές, με κάθε σειρά να έχει υποφλοιούς του ίδιου  $n$ .

(β) Μέσα σε κάθε σειρά τοποθετούμε τους υποφλοιούς κατά αυξανόμενο  $l$ .

(γ) Ξεκινώντας με τον υποφλοιό  $1s$ , κατασκευάζουμε μια σειρά διαγωνίων, όπως δείχνει το σχήμα.

(δ) Η σειρά δόμησης είναι η σειρά κατά την οποία αυτές οι διαγώνιες συναντούν τους υποφλοιούς.

# Η Αρχή της Δομήςσεως

- Τι είναι η αρχή της δομήςσεως;
- Είναι μια υποθετική μέθοδος που μας βοηθά να τοποθετήσουμε σωστά τα ηλεκτρόνια ενός πολυηλεκτρονικού ατόμου και να σχηματίσουμε έτσι την ηλεκτρονική δομή του ατόμου.



- Η **Αρχή της Δομήςσεως** αποτελεί συνδυασμό:
  - (α) της **Αρχής της Ελάχιστης Ενέργειας**
  - (β) της **Απαγορευτικής Αρχής του Pauli** και
  - (γ) του **Κανόνα του Hund**.

# Η Απαγορευτική Αρχή του Pauli

1. Ποια αρχή διατύπωσε ο Pauli, προκειμένου να εξηγήσει τα φάσματα εκπομπής πολυηλεκτρονικών ατόμων εντός μαγνητικού πεδίου;

Δύο ηλεκτρόνια σε ένα άτομο δεν μπορούν να έχουν και τους τέσσερις κβαντικούς αριθμούς ίδιους (Απαγορευτική αρχή του Pauli)

2. Ποια είναι η σημαντικότερη συνέπεια της παραπάνω αρχής;

Επειδή οι δυνατές τιμές του  $m_s$  είναι δύο (+1/2 και -1/2), ένα τροχιακό μπορεί να χωρέσει το πολύ δύο ηλεκτρόνια, τα οποία όμως θα πρέπει να έχουν αντίθετα spin.

3. Ποιο συμπέρασμα συνάγεται, ως προς τη χωρητικότητα των υποφλοιών με ηλεκτρόνια, από μια τέτοια διατύπωση;

Ο μέγιστος αριθμός των  $e$  που μπορεί να χωρέσει ένας υποφλοιός είναι διπλάσιος από τον αριθμό των τροχιακών που διαθέτει  $\Rightarrow$

Υποφλοιός	Αριθμός τροχιακών	Μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων
$s (l = 0)$	1	2
$p (l = 1)$	3	6
$d (l = 2)$	5	10
$f (l = 3)$	7	14



# Ο κανόνας του Hund

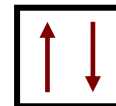
(ή της μέγιστης πολλαπλότητας του spin)

Ποιον εμπειρικό κανόνα διατύπωσε ο Hund (1927), βάσει του οποίου λαμβάνουμε την ενεργειακά χαμηλότερη δομή των ηλεκτρονίων ενός υποφλοιού;

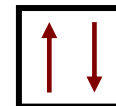
Όταν ηλεκτρόνια καταλαμβάνουν τροχιακά της ίδιας ενέργειας, **σταθερότερη** είναι εκείνη η ηλεκτρονική δομή που δίνει το **μέγιστο συνολικό spin**.

Για το άτομο C ( $Z = 6$ ), με δομή θεμελιώδους κατάστασης  $1s^2 2s^2 2p^2$ , ποιο διάγραμμα εκφράζει τη σταθερότερη κατάσταση του ατόμου C;

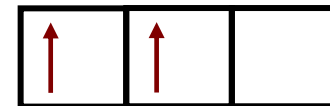
Διάγραμμα 1



1s

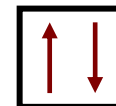


2s

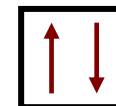


2p

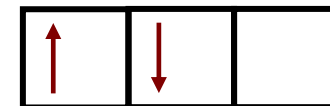
Διάγραμμα 2



1s

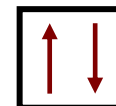


2s

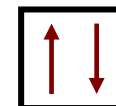


2p

Διάγραμμα 3



1s



2s



2p

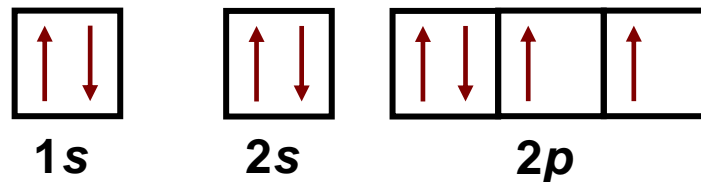


Hund Fr., (1896-1997)  
γερμανός φυσικός

# Συμβολισμοί ηλεκτρονικών δομών

- Με ποιους τρόπους μπορούμε να συμβολίσουμε την ηλεκτρονική δομή ενός ατόμου (π.χ. του O);
- 1. Συμβολισμός *spdf* συμπυκνωμένος:  $O \ 1s^2 2s^2 2p^4$
- 2. Συμβολισμός *spdf* εκτενής:  $O \ 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$
- 3. Συμβολισμός με διαγράμματα τροχιακών:

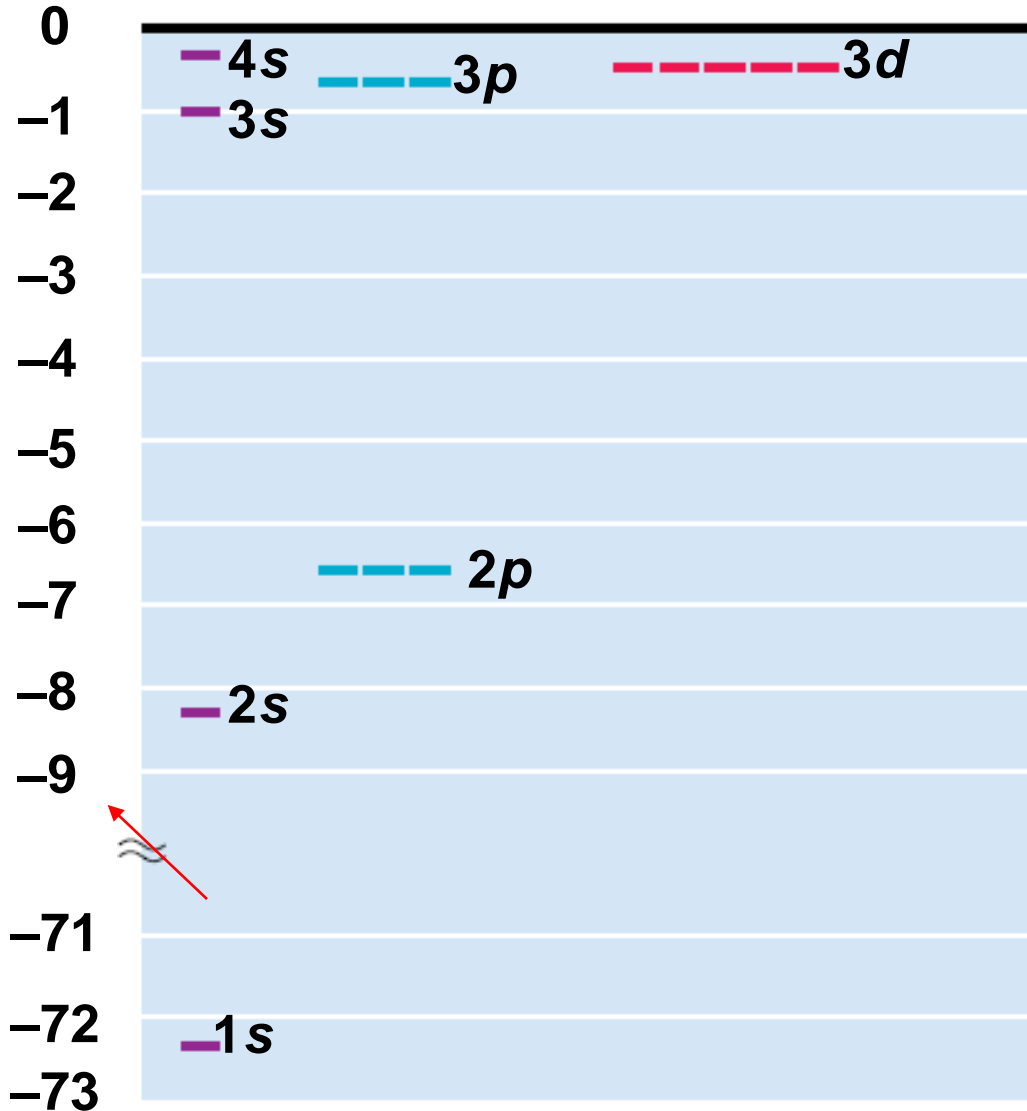
Άτομο O



- Ποια είναι τα «συν» και τα «πλην» του κάθε συμβολισμού;
- Ποια ηλεκτρόνια ονομάζουμε συζευγμένα και ποια ασύζευκτα ή μονήρη;

# Γνωρίζοντας την αρχή της δομήσεως, πώς θα σχηματίσω την ηλεκτρονική δομή ενός στοιχείου;

Ενέργεια τροχιακών (σε μονάδες  $10^{-16}$  J)



Διάγραμμα τροχιακών του πολυηλεκτρονικού ατόμου του σκανδίου (Sc,  $Z = 21$ )

Αρχίζουμε με το H ( $Z = 1$ ) και συνεχίζουμε με τα επόμενα στοιχεία συμπληρώνοντας σταδιακά τους υποφλοιούς με ε. π.χ. Li:  $1s^2 2s^1$  ή  $[\text{He}] 2s^1$

!!! Γενικά: Η ηλεκτρονική δομή ενός στοιχείου προκύπτει από τη δομή του προηγούμενου στοιχείου με την προσθήκη ενός e στο αμέσως επόμενο διαθέσιμο τροχιακό.

# Ηλεκτρονικές δομές θεμελιώδους κατάστασης ατόμων με $Z = 1$ έως 24

Z	Στοιχείο	Ηλεκτρονική δομή	Z	Στοιχείο	Ηλεκτρονική δομή
1	H	$1s^1$	11	Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
2	He	$1s^2$	12	Mg	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
3	Li	$1s^2 2s^1$	13	Al	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
4	Be	$1s^2 2s^2$	14	Si	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
5	Li	$1s^2 2s^2 2p^1$	15	P	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
6	C	$1s^2 2s^2 2p^2$	16	S	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
7	N	$1s^2 2s^2 2p^3$	17	Cl	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
8	O	$1s^2 2s^2 2p^4$	18	Ar	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
9	F	$1s^2 2s^2 2p^5$	19	K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
10	Ne	$1s^2 2s^2 2p^6$	20	Ca	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
			21	Sc	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$
			22	Ti	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$
			23	V	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$
			24	Cr	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$
			.....		
			29	Cu	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

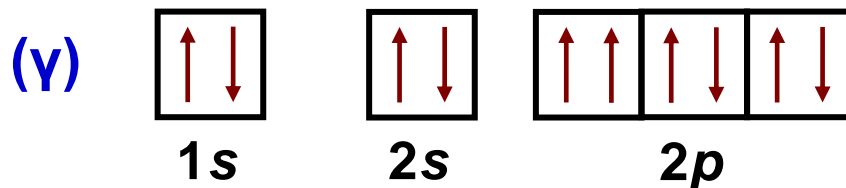
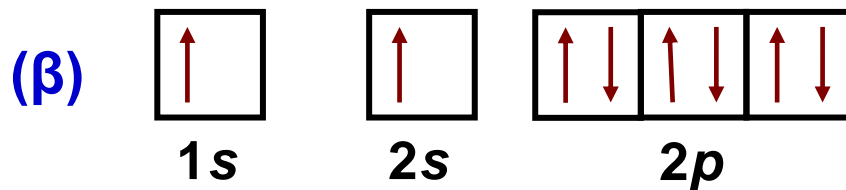
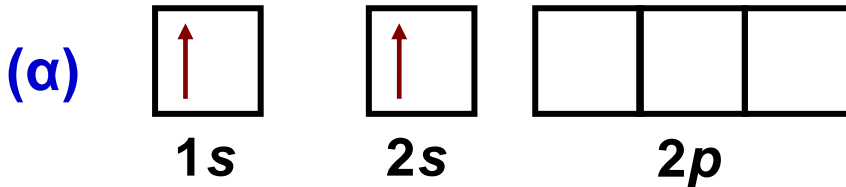
Αυξημένη η σταθερότητα ημισυμπληρωμένων και συμπληρωμένων υποστιβάδων

☆ Εξαιρέσεις της αρχής της δομήσεως: (1)  ${}_{24}\text{Cr}: \dots 3d^4 4s^2 \Rightarrow \dots 3d^5 4s^1$   
 (2)  ${}_{29}\text{Cu}: \dots 3d^9 4s^2 \Rightarrow \dots 3d^{10} 4s^1$

# Άσκηση 8.1

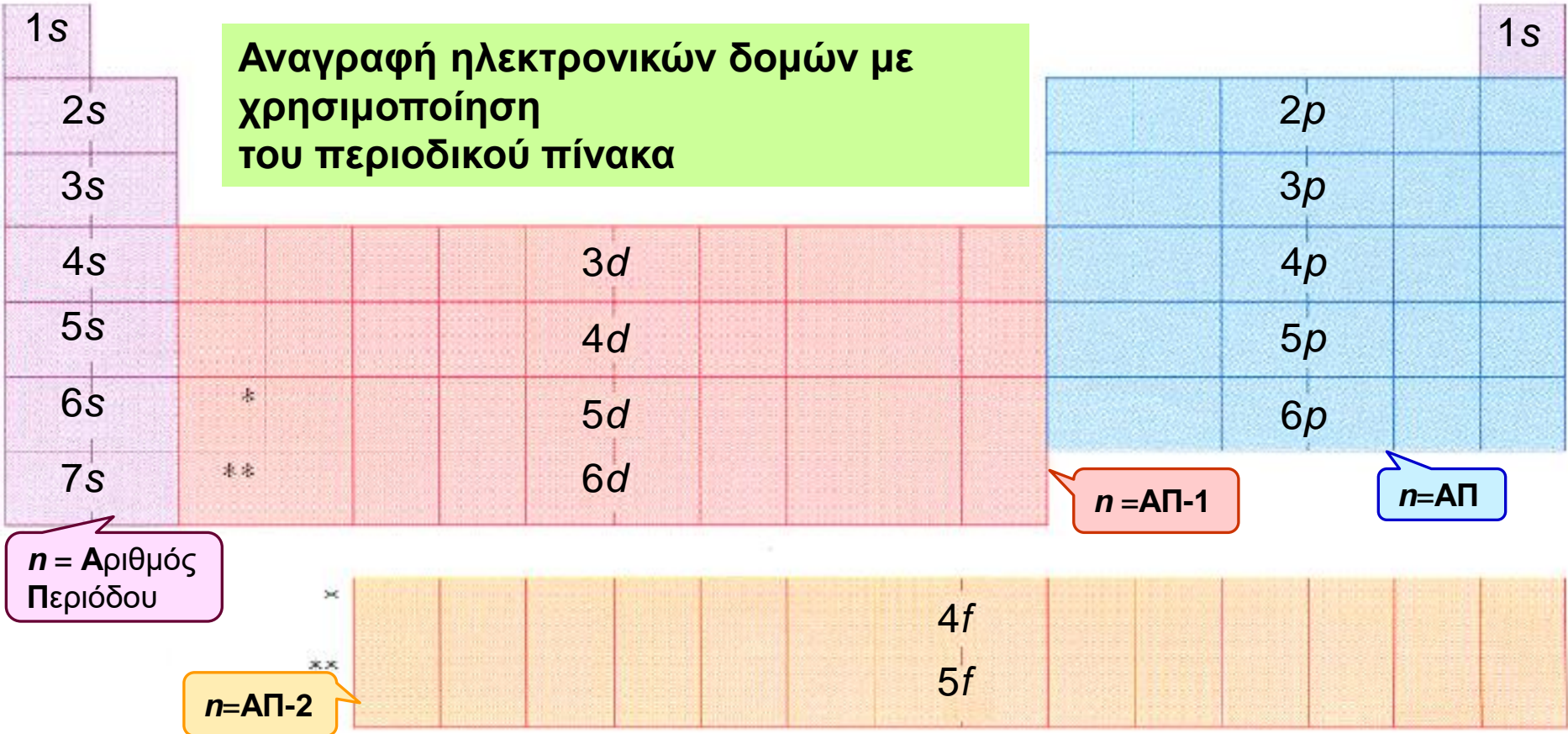
Εφαρμογή της απαγορευτικής αρχής του Pauli

Κοιτάξτε τα παρακάτω διαγράμματα τροχιακών και τις ηλεκτρονικές δομές. Ποια από αυτά είναι επιτρεπτά και ποια όχι, σύμφωνα με την απαγορευτική αρχή του Pauli; Εξηγήστε.



# Ηλεκτρονικές δομές και περιοδικό σύστημα

👉 Πώς σχετίζονται οι ηλεκτρονικές δομές των στοιχείων με τη θέση των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα:



Περιοδικός πίνακας που διασαφηνίζει τη σειρά δόμησης των υποφλοιών καθώς και τη σχέση μεταξύ θέσης στοιχείων και ηλεκτρονικής τους δομής

Οι έγχρωμες περιοχές (**τομείς**) δείχνουν τους διάφορους υποφλοιούς που συμπληρώνονται για τα στοιχεία που ανήκουν στις περιοχές αυτές.

# Αναγραφή ηλεκτρονικών δομών με χρησιμοποίηση του περιοδικού πίνακα

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: Να γραφούν οι ηλεκτρονικές δομές των βηρυλλίου, βορίου, αργιλίου & γαλλίου

Βηρύλλιο ( $_4\text{Be}$ )	$1s^2 2s^2$	ή $[\text{He}]2s^2$	(Ομάδα IIA)
Βόριο ( $_5\text{B}$ )	$1s^2 2s^2 2p^1$	ή $[\text{He}]2s^2 2p^1$	} (IIIA)
Αργίλιο ( $_{13}\text{Al}$ )	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	ή $[\text{Ne}]3s^2 3p^1$	
Γάλλιο ( $_{31}\text{Ga}$ )	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$	ή $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^1$	

⇒ Κορμός ευγενούς αερίου:  $[\text{He}]$ ,  $[\text{Ne}]$ ,  $[\text{Ar}]$ , ... (η.δ. εσωτερικών φλοιών που αντιστοιχεί σε δομή ευγενούς αερίου)

⇒ Κορμός ψευδοευγενούς αερίου:  $[\text{Ar}]3d^{10}$  [η.δ. με κορμό ευγενούς αερίου + ηλεκτρόνια  $(n-1)d^{10}$ ]

⇒ Ηλεκτρόνια σθένους: (όλα τα ηλεκτρόνια εκτός κορμών)

⇒ Δομές φλοιών σθένους: (οι δομές των ηλεκτρονίων σθένους)

☆ Εξαιρέσεις της αρχής της δομήσεως: (1)  $_{24}\text{Cr}$ :  $[\text{Ar}] 3d^4 4s^2 \Rightarrow [\text{Ar}] 3d^5 4s^1$   
(2)  $_{29}\text{Cu}$ :  $[\text{Ar}] 3d^9 4s^2 \Rightarrow [\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$

Στοιχεία κύριων ομάδων

# ΠΠ με ηλεκτρονικές δομές του φλοιού σθένους των στοιχείων

Στοιχεία κύριων ομάδων συμπληρώνεται ο υποφλοιός  $p$

		Ατομικός αριθμός Σύμβολο Δομή φλοιού σθένους																		
		Μεταβατικά μέταλλα συμπληρώνεται ο υποφλοιός $d$																		
1		IA											VIIIA							
2		I	IIA											IIIA	IVA	V	VIA	VIIA	I	
3		II		VIIIB																
4				IIB		IVB	VB	VIB	VIIB	IB		IIB								
5																				
6																				
7																				

Εσωτερικά μεταβατικά μέταλλα  
συμπληρώνεται ο υποφλοιός  $f$

\* Λανθανίδια

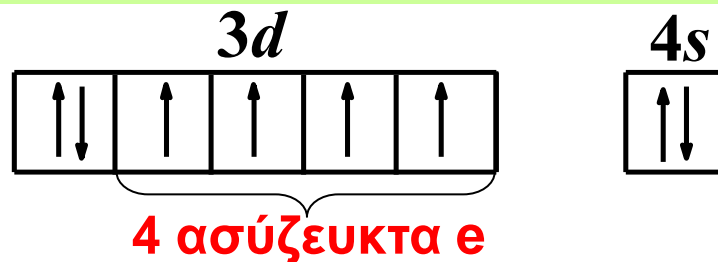
\*\* Ακτινίδια

58 Ce $4f^1 5d^1 6s^2$	59 Pr $4f^3 6s^2$	60 Nd $4f^4 6s^2$	61 Pm $4f^5 6s^2$	62 Sm $4f^6 6s^2$	63 Eu $4f^7 6s^2$	64 Gd $4f^7 5d^1 6s^2$	65 Tb $4f^9 6s^2$	66 Dy $4f^{10} 6s^2$	67 Ho $4f^{11} 6s^2$	68 Er $4f^{12} 6s^2$	69 Tm $4f^{13} 6s^2$	70 Yb $4f^{14} 6s^2$	71 Lu $4f^{14} 5d^1 6s^2$
90 Th $6d^2 7s^2$	91 Pa $5f^2 6d^1 7s^2$	92 U $5f^3 6d^1 7s^2$	93 Np $5f^4 6d^1 7s^2$	94 Pu $5f^6 7s^2$	95 Am $5f^7 7s^2$	96 Cm $5f^7 6d^1 7s^2$	97 Bk $5f^9 7s^2$	98 Cf $5f^{10} 7s^2$	99 Es $5f^{11} 7s^2$	100 Fm $5f^{12} 7s^2$	101 Md $5f^{13} 7s^2$	102 No $5f^{14} 7s^2$	103 Lr $5f^{14} 6d^1 7s^2$



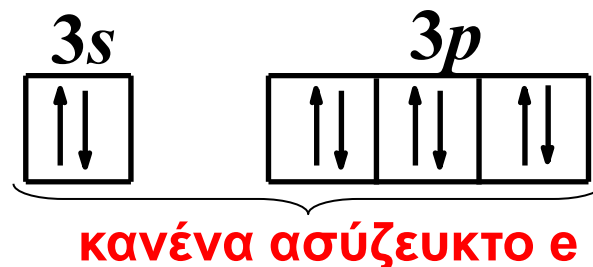
# Μαγνητικές ιδιότητες ατόμων

☞ Παραμαγνητική ουσία είναι μια ουσία που **έλκεται** ασθενώς από ένα μαγνητικό πεδίο και η έλξη αυτή είναι γενικά το αποτέλεσμα ασύζευκτων ηλεκτρονίων.

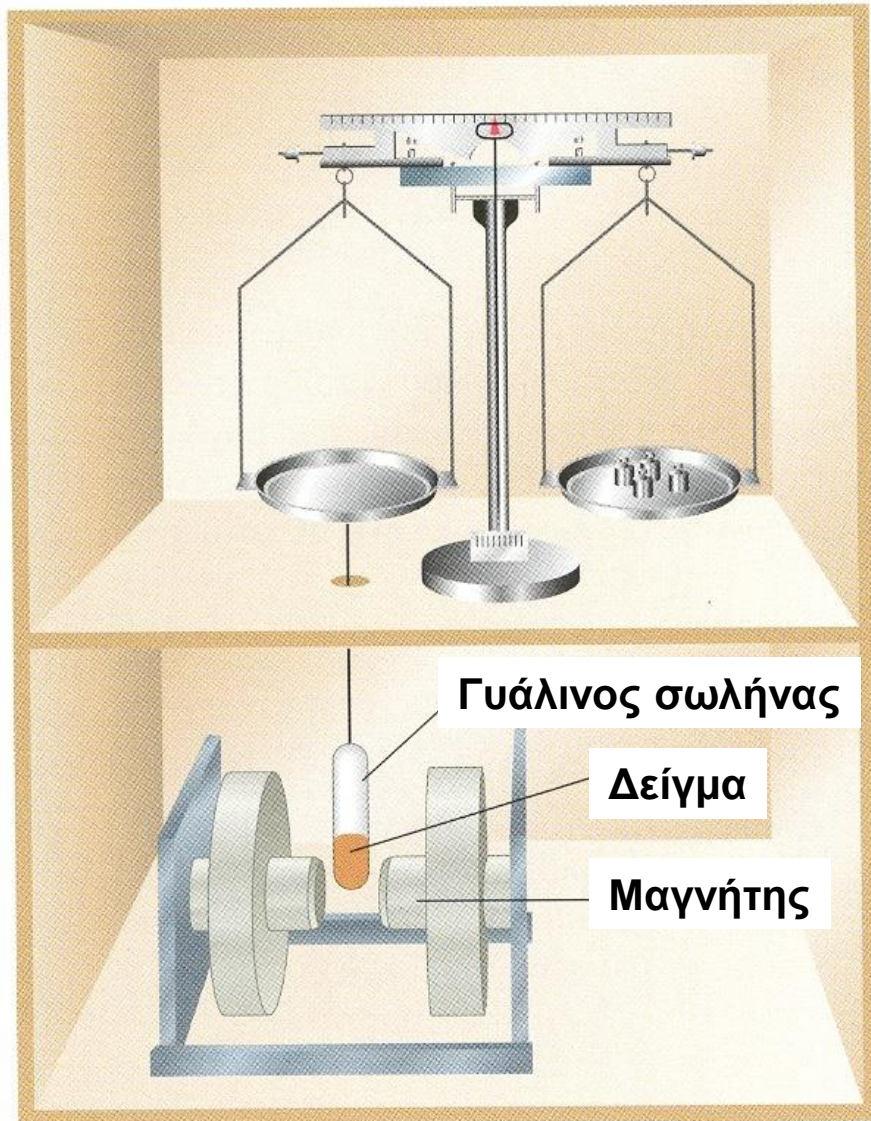


☞ Σιδηρομαγνητισμός: Ισχυρός, μόνιμος μαγνητισμός, οφειλόμενος στην από κοινού ευθυγράμμιση spin πολλών ατόμων σιδήρου, π.χ.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

☞ Διαμαγνητική ουσία είναι μια ουσία η οποία **δεν έλκεται**, ή και απωθείται ελαφρά, από ένα μαγνητικό πεδίο. Η ιδιότητα αυτή σημαίνει, γενικά, ότι η ουσία έχει μόνο συζευγμένα ηλεκτρόνια.



# Ζυγός Gouy για τη μέτρηση του παραμαγνητισμού μιας ουσίας



Αν το δείγμα έλκεται εντός του πεδίου του μαγνήτη, τότε πάνω στον αριστερό δίσκο του ζυγού θα ασκηθεί μια δύναμη με φορά προς τα κάτω.

Η δύναμη αυτή αντισταθμίζεται με σταθμά που τοποθετούνται στο δεξιό δίσκο.

Τα σταθμά είναι ανάλογα προς τον παραμαγνητισμό της ουσίας.

# Μαγνητικές ιδιότητες των ατόμων

Η απωστική δύναμη, αν και μικρή, μπορεί να παρατηρηθεί, όταν ο εξωτερικός μαγνήτης είναι αρκετά μεγάλος.



## Μετεώριση ενός βατράχου

Ένας βάτραχος τοποθετημένος μέσα σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο, παραγόμενο από ρεύμα που διαρρέει ένα υδρόψυκτο πηνίο, φαίνεται να **αιωρείται** στον αέρα, παραβαίνοντας τον νόμο της βαρύτητας.

Το σώμα του βατράχου αποτελείται από ουσίες που είναι διαμαγνητικές (όλα τα ηλεκτρόνιά τους είναι συζευγμένα) και **απωθούνται** από το μαγνητικό πεδίο.

Η μαγνητική ροπή λόγω spin ( $\mu_s$ ) εξαρτάται από τον αριθμό  $n$  των ασύζευκτων ηλεκτρονίων και εκφράζεται σε **μαγνητόνες του Bohr (BM)** από τη σχέση:

$$\mu_s = 2,00 \sqrt{S(S+1)} = \sqrt{n(n+2)}$$

Όπου  $S$  η απόλυτη τιμή του ολικού spin των ασύζευκτων e

## Άσκηση 8.4α

Προσδιορισμός των μαγνητικών ιδιοτήτων ατόμων ή ιόντων

1) Ποια από τα παρακάτω άτομα ή ιόντα είναι παραμαγνητικά και ποια διαμαγνητικά;



2) Υπολογίστε την μαγνητική ροπή λόγω spin ( $\mu_s$ ) όσων είναι παραμαγνητικά.