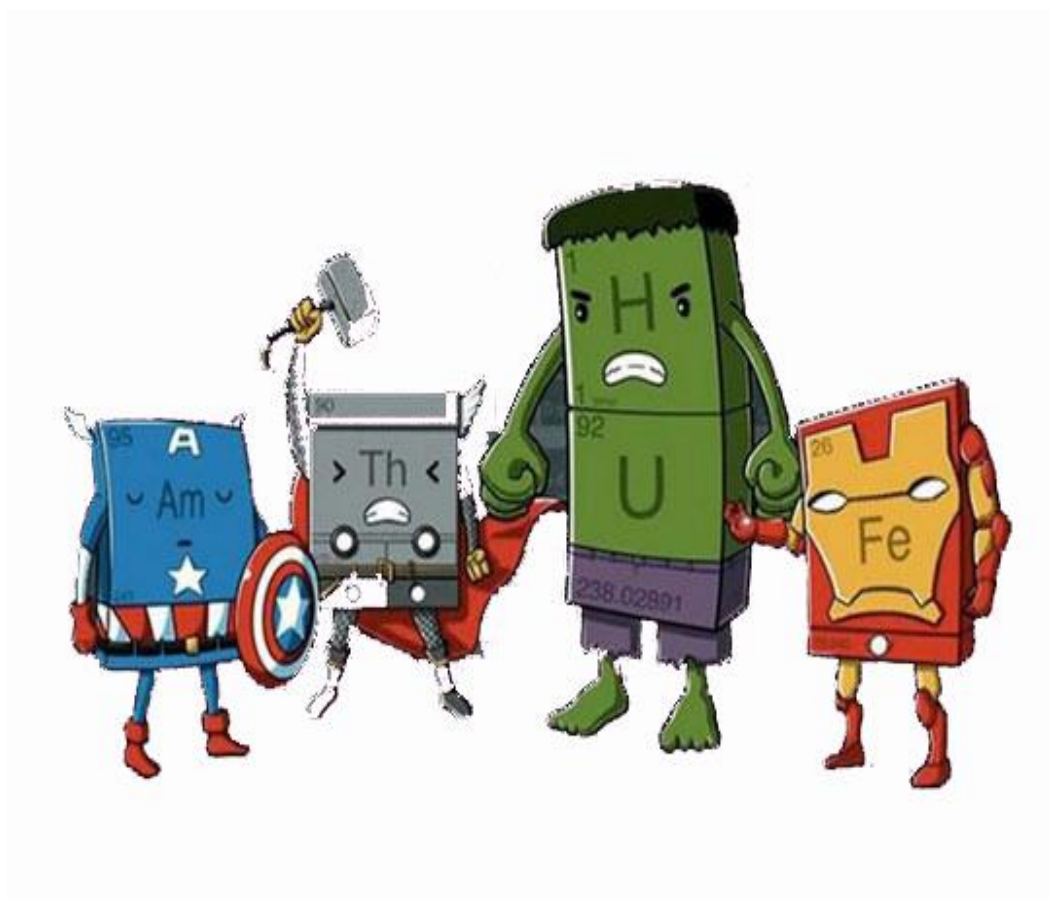


Τ. ΜΠΟΚΑΡΗΣ

# ΧΗΜΕΙΑ

ΤΟΜΟΣ 3

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ



ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ  
ΜΕΣΗΣ & ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ  
Ε. ΣΤΟΓΙΑΝΝΗΣ

# Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος .....

Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

Κεφάλαιο 6 .....

Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

6. Ηλεκτρονιακή Δόμηση & Περιοδικός Πίνακας

Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

6.1. Ατομικό πρότυπο Bohr – σύγχρονη ατομική θεωρία

.....Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

6.1.1. Στοιχεία

θεωρίας.....Σφάλμα!

Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

6.1.2. Μεθοδολογία – Λυμένα παραδείγματα

.....Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

6.1.3. Ασκήσεις για λύση

.....Σφάλμα! Δεν έχει

οριστεί σελιδοδείκτης.

6.2. Αρχές δόμησης πολυηλεκτρονικών

ατόμων.....Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί

σελιδοδείκτης.

6.2.1. Στοιχεία

θεωρίας.....Σφάλμα!

Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

6.2.2. Μεθοδολογία – Λυμένα

παραδείγματα.....Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί

σελιδοδείκτης.

6.2.3. Ασκήσεις για

λύση.....Σφάλμα! Δεν έχει

οριστεί σελιδοδείκτης.

- 6.3. Περιοδικός  
πίνακας.....**Σφάλμα! Δεν  
έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**
- 6.3.1. Στοιχεία  
θεωρίας.....**Σφάλμα!  
Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**
- 6.3.2. Μεθοδολογία – Λυμένα  
παραδείγματα.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί  
σελιδοδείκτης.**
- 6.3.3. Ασκήσεις για  
λύση.....**Σφάλμα! Δεν έχει  
οριστεί σελιδοδείκτης.**
- 6.4. Μεταβολή ορισμένων περιοδικών  
ιδιοτήτων.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί  
σελιδοδείκτης.**
- 6.4.1. Στοιχεία  
θεωρίας.....**Σφάλμα! Δεν έχει  
οριστεί σελιδοδείκτης.**
- 6.4.2. Μεθοδολογία – Λυμένα  
παραδείγματα.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί  
σελιδοδείκτης.**
- 6.4.3. Ασκήσεις για  
λύση.....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί  
σελιδοδείκτης.**
- 6.5. Κριτήρια  
αξιολόγησης.....**Σφάλμα!  
Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

## **Βιβλιογραφία.....**

**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**

### Γραφική απεικόνιση ατομικών τροχιακών

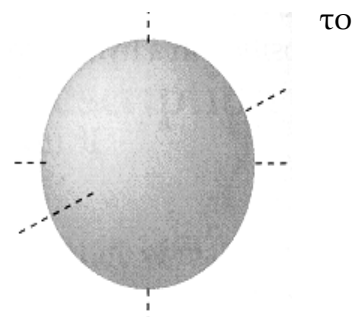
Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, η απεικόνιση των ατομικών τροχιακών ή ακριβέστερα της πυκνότητας του ηλεκτρονιακού νέφους μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Η παράσταση των τροχιακών (συναρτήσεων  $\psi^2$ ) με οριακές καμπύλες είναι από τις πιο συνηθισμένες. Να θυμίσουμε, ότι το περίγραμμα της καμπύλης περικλείει το 90-99% της πυκνότητας του ηλεκτρονιακού νέφους.

### Γραφική απεικόνιση των s ατομικών τροχιακών

Όλα τα s ατομικά τροχιακά ( $n, \ell=0$  και  $m_\ell=0$ ) έχουν την ίδια τιμή για τον δευτερεύοντα κβαντικό αριθμό ( $\ell=0$ ) και έχουν σχήμα σφαίρας στο κέντρο της οποίας βρίσκεται ο πυρήνας. Τα s ατομικά τροχιακά έχουν σφαιρική συμμετρία, που σημαίνει ότι η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε μια ορισμένη απόσταση από τον πυρήνα είναι ανεξάρτητη από την κατεύθυνση (δηλαδή από τη γωνία). Έστω για παράδειγμα το τροχιακό 1s, το οποίο είναι το μοναδικό τροχιακό της στιβάδας K. Το τροχιακό αυτό μπορεί να παρασταθεί με τους εξής τρόπους:

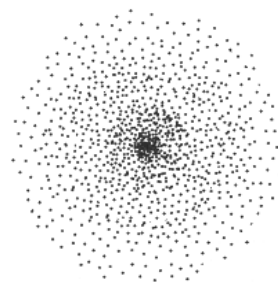
#### α) Με τη μορφή «οριακής καμπύλης».

Μέσα στον χώρο που καθορίζεται από τη σφαίρα θεωρούμε ότι περιέχεται το 90-99% της πυκνότητας του ηλεκτρονιακού νέφους (δηλαδή ηλεκτρόνιο έχει πολύ μικρή πιθανότητα να βρεθεί και έξω από τον χώρο ο οποίος ορίζεται από τη σφαίρα). Το ακριβές μέγεθος της σφαίρας είναι αυθαίρετο, αφού η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου δεν μηδενίζεται ούτε σε μεγάλη απόσταση από τον πυρήνα.



#### β) Παρουσίαση με «στιγμές».

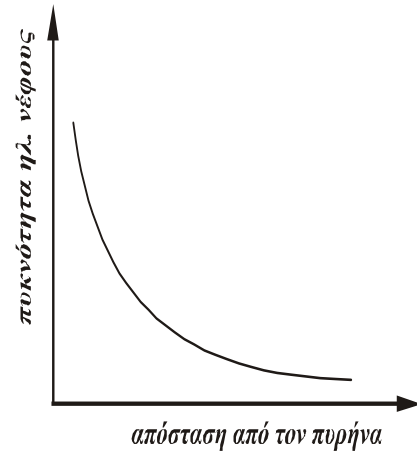
Η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους έχει σφαιρική συμμετρία. Το ηλεκτρονιακό νέφος έχει τη μέγιστη πυκνότητα κοντά στον πυρήνα, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι εκεί γίνεται εξουδετέρωση φορτίων. Η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους ελαττώνεται όσο απομακρυνόμαστε από τον πυρήνα, χωρίς όμως ποτέ να μηδενίζεται.



γ) Γραφική παράσταση της πυκνότητας του ηλεκτρονιακού νέφους σε συνάρτηση με την απόσταση ( $\psi^2_{1s} = f(r)$ ).

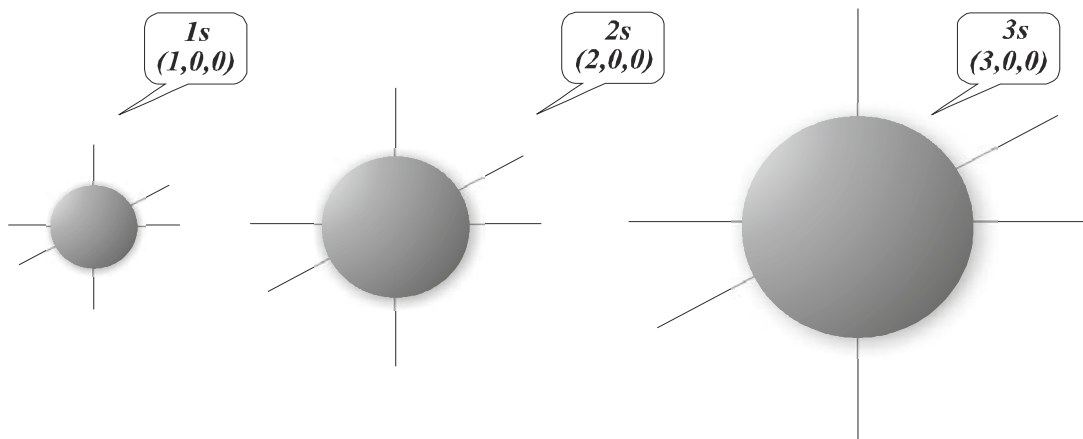
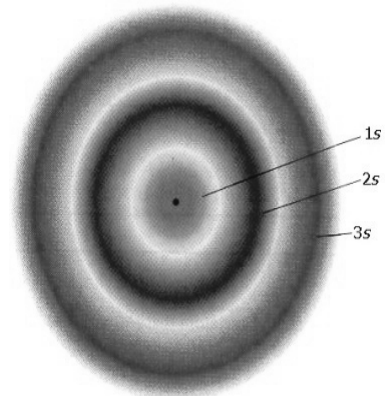
Η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου (άρα και η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους) είναι μέγιστη κοντά στον πυρήνα και ελαττώνεται όσο απομακρυνόμαστε από αυτόν, τείνοντας ασυμπτωτικά προς το μηδέν σε μεγάλες αποστάσεις. Θεωρητικά, η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε μεγάλη απόσταση από τον πυρήνα δεν είναι ποτέ μηδέν.

Στα *s* ατομικά τροχιακά, υπάρχει πιθανότητα το ηλεκτρόνιο να βρίσκεται πολύ κοντά στον πυρήνα.

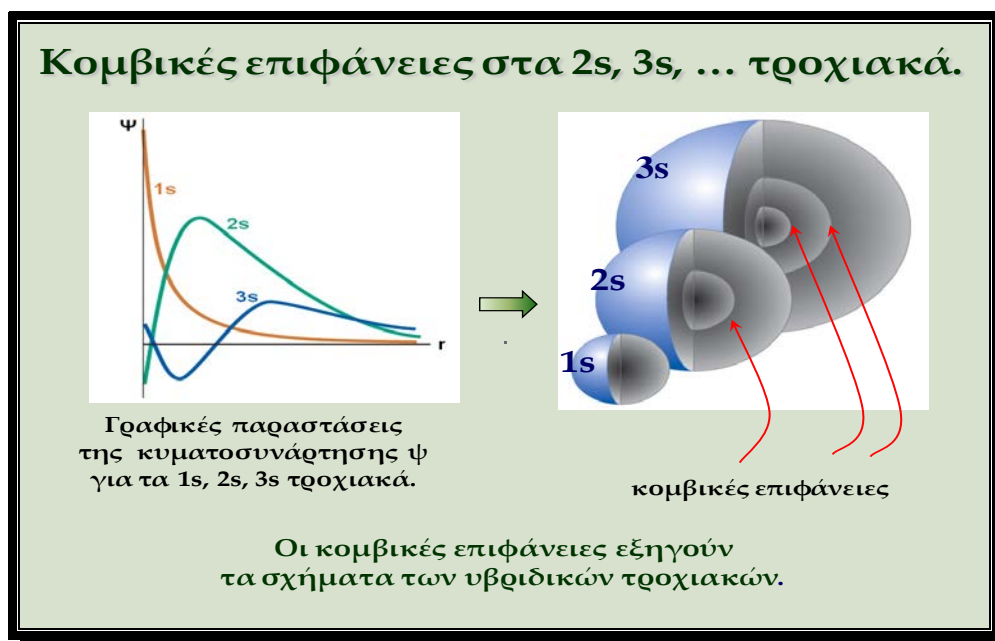


#### Σύγκριση των *s* τροχιακών που ανήκουν σε διαφορετικές στιβάδες.

Όλα τα *s* τροχιακά έχουν το ίδιο σχήμα και σφαιρική συμμετρία. Τα *s* τροχιακά διαφορετικών στιβάδων παρουσιάζουν διαφορά μεταξύ τους ως προς το μέγεθος και την ενέργεια τους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο κύριος κβαντικός αριθμός της στιβάδας στην οποία ανήκει το *s* τροχιακό, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα της σφαίρας (το μέγεθος) και η ενέργεια του τροχιακού.



Σχηματική παρουσίαση και σχετικά μεγέθη των τροχιακών 1*s*, 2*s* και 3*s*. Η ακτίνα για τις αντίστοιχες σφαίρες είναι περίπου 200 pm, 500pm και 1000pm ( $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ ).



### Γραφική απεικόνιση των p ατομικών τροχιακών

Με ανάλογη σκέψη, τα p τροχιακά έχουν το σχήμα διπλού λοβού. Το σχήμα του λοβού είναι το σχήμα που προκύπτει αν ένα σφαιρικό μπαλόνι «τραβηχτεί» από κάποιο σημείο του, π.χ. από εκεί που είναι δεμένο.

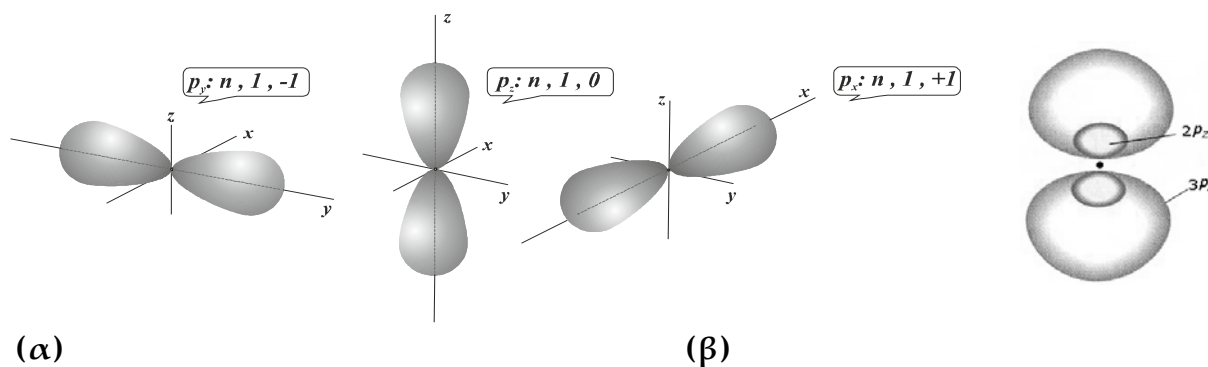
**Το ηλεκτρόνιο στο p τροχιακό, αντίθετα από ότι συμβαίνει στο s, έχει ελάχιστη πιθανότητα να βρεθεί κοντά στον πυρήνα.**

Όπως γνωρίζουμε, σε κάθε τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού με  $n \geq 2$ , αντιστοιχούν τρία p τροχιακά, που έχουν ίδιο μέγεθος και σχήμα αλλά διαφορετικό προσανατολισμό. Το καθένα απ' αυτά τα τροχιακά,  $p_x$ ,  $p_y$  και  $p_z$ , προσανατολίζεται στον αντίστοιχο άξονα, x, y και z. Επίσης, όπως και στην περίπτωση των s, το μέγεθος του p τροχιακού καθορίζεται από την τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερος είναι ο κύριος κβαντικός αριθμός n στον οποίο ανήκει το τροχιακό p, τόσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του τροχιακού.

Όλα τα p ατομικά τροχιακά ( $n$ ,  $\ell=1$  και  $m_\ell=-1, 0, +1$ ) έχουν την ίδια τιμή για τον δευτερεύοντα (αζιμουθιακό) κβαντικό αριθμό  $\ell=1$ , οπότε έχουν το ίδιο σχήμα. Τα p ατομικά τροχιακά δεν έχουν σφαιρική συμμετρία. **Τα p τροχιακά έχουν σχήμα που αποτελείται από δύο λοβούς** (εφαπτόμενες σφαίρες), οι οποίοι βρίσκονται σε συμμετρικές θέσεις εκατέρωθεν του πυρήνα. Οι δύο λοβοί προσανατολίζονται κατά μήκος του αντίστοιχου άξονα x, y και z (τροχιακά  $p_x$ ,  $p_y$  και  $p_z$  αντίστοιχα) και χωρίζονται μεταξύ τους με ένα επίπεδο (επίπεδο συμμετρίας).

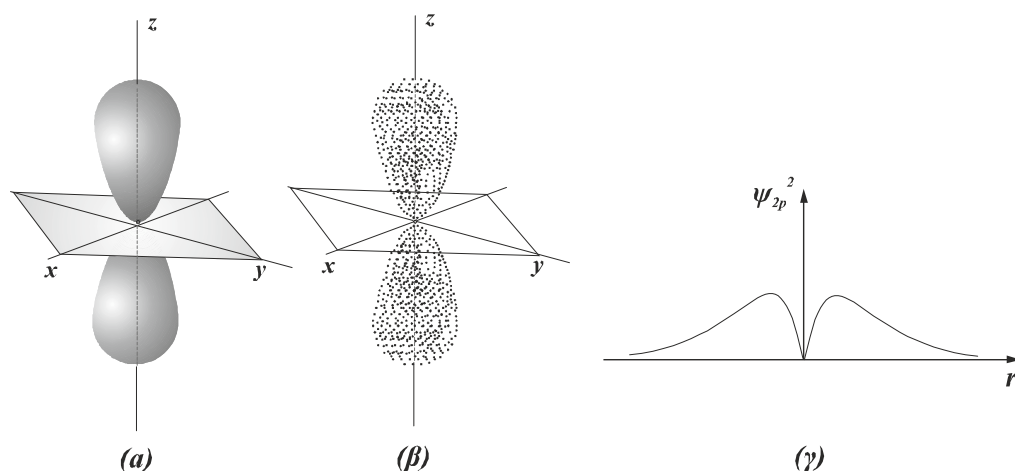
Πιο σωστό είναι ότι τα  $p$  τροχιακά έχουν σχήμα αλτήρα (παρόμοιο με τα βαράκια της γυμναστικής). Ο ένας λοβός του  $p$  τροχιακού αντιστοιχεί σε θετικές τιμές της κυματοσυνάρτησης  $\psi$ , ενώ ο άλλος σε αρνητικές τιμές.

Στα  $p$  ατομικά τροχιακά ο μαγνητικός κβαντικός αριθμός πείχει τρεις δυνατές τιμές ( $m_l = -1, 0, +1$ ), οπότε τα  $p$  τροχιακά έχουν τρεις διαφορετικούς προσανατολισμούς στο χώρο ( $p_y, p_z, p_x$  αντίστοιχα).



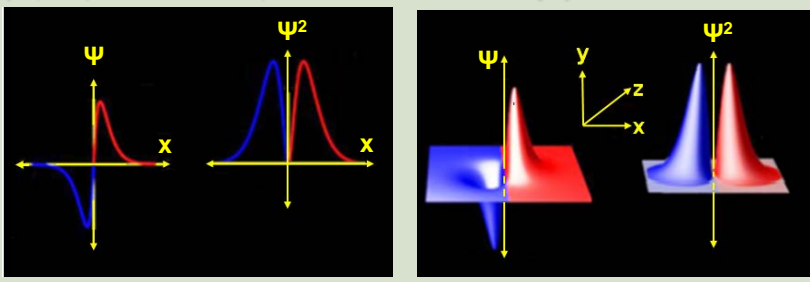
- (α) Σχηματική παρουσίαση των τριών  $p$  τροχιακών,  $p_x$ ,  $p_y$  και  $p_z$  (συναρτήσεων  $\psi_p^2$ )  
 (β) Σχετικά μεγέθη των τροχιακών  $2p_z$  και  $3p_z$ . Τα τροχιακά  $p$  έχουν σχήμα παρόμοιο με τα «βαράκια» της γυμναστικής.

Όπως φαίνεται και στην απεικόνιση του τροχιακού  $2p_z$  το ηλεκτρονιακό νέφος έχει μεγαλύτερη πυκνότητα κατά μήκος του άξονα  $z$  (αντίστοιχα ισχύουν για τα τροχιακά  $p_x$  και  $p_y$ ). Η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου στο επίπεδο συμμετρίας  $xy$  είναι μηδενική ( $\psi^2=0$ ). Δηλαδή το ηλεκτρόνιο μπορεί να βρεθεί πάνω ή κάτω από το επίπεδο αυτό αλλά όχι πάνω στο επίπεδο (ανάλογο φαινόμενο υπάρχει στα στάσιμα κύματα). Το επίπεδο αυτό ονομάζεται κομβική επιφάνεια.

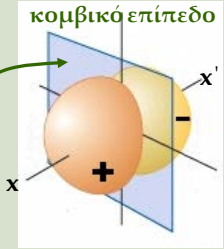


Απεικόνιση τροχιακού  $2p_z$ : (α) με «οριακή» καμπύλη. (β) με «στιγμές». (γ) Πυκνότητα ηλεκτρονιακού νέφους (πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου) σε συνάρτηση με την απόσταση  $r$  από τον πυρήνα.

**Τα  $p$  τροχιακά  
γραφικές παραστάσεις - κομβικό επίπεδο.**



Στα  $p$  τροχιακά υπάρχει, μεταξύ των λοβών, ένα επίπεδο με μηδενική ηλεκτρονική πυκνότητα που ονομάζεται κομβικό επίπεδο. Το κομβικό επίπεδο παίζει μεγάλο ρόλο στη χημική δραστηριότητα και ιδιαίτερα στο σχηματισμό και την ισχύ των ομοιοπολικών δεσμών.



### Σύγκριση των $p$ τροχιακών που ανήκουν στην ίδια στιβάδα

Σε κάθε στιβάδα με  $n > 2$  αντιστοιχούν τρία  $p$  ατομικά τροχιακά τα οποία έχουν το ίδιο μέγεθος, το ίδιο σχήμα, την ίδια ενέργεια και διαφέρουν μόνο ως προς τον προσανατολισμό στον χώρο. Οι άξονες των τριών αυτών τροχιακών ( $p_x$ ,  $p_y$  και  $p_z$ ) σχηματίζουν τρισορθογώνιο σύστημα.

### Σύγκριση των $p$ τροχιακών που ανήκουν σε διαφορετικές στιβάδες

Το μέγεθος των  $p$  τροχιακών καθορίζεται από την τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού  $n$ . Όσο μεγαλύτερος είναι ο κύριος κβαντικός αριθμός  $n$  της στιβάδας στην οποία ανήκει το τροχιακό, τόσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος και η ενέργεια του τροχιακού (για παράδειγμα  $2p < 3p < 4p$ ).

Επομένως τα  $p$  τροχιακά διαφορετικών στιβάδων έχουν το ίδιο σχήμα, αλλά διαφέρουν ως προς το μέγεθος και την ενέργεια. Ακόμη είναι δυνατόν να διαφέρουν και ως προς τον προσανατολισμό τους στον χώρο (για παράδειγμα  $2p_x$  και  $3p_y$ ).

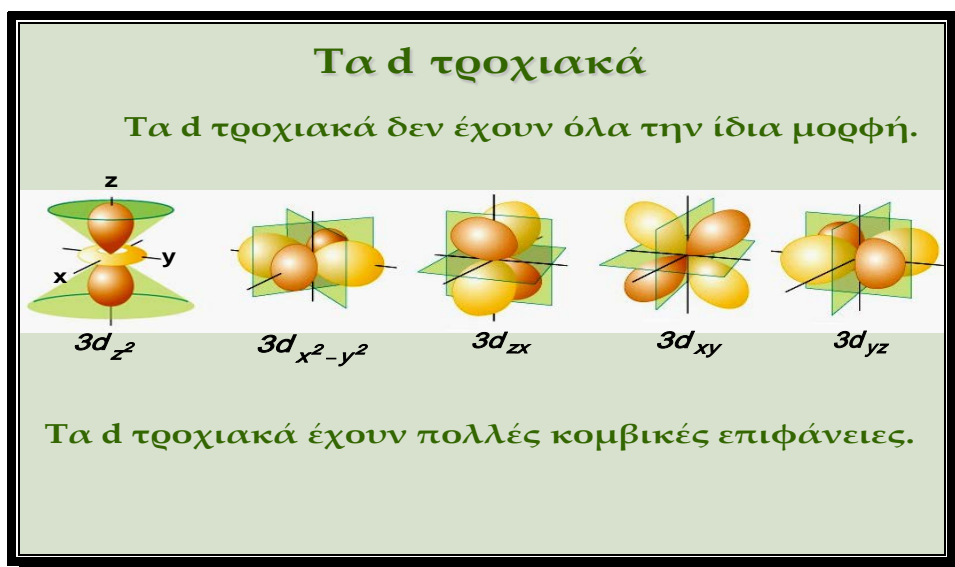
## Σύγκριση των s και p τροχιακών

Τροχιακό ns ( $n, \ell=0, m_\ell=0$ )	Τροχιακό np ( $n, \ell=1, m_\ell=-1, 0, +1$ )
1. Έχει σχήμα σφαίρας στο κέντρο της οποίας βρίσκεται ο πυρήνας.	1. Αποτελείται από δύο λοβούς οι οποίοι βρίσκονται σε συμμετρικές θέσεις ως προς τον πυρήνα.
2. Έχει πάντοτε τον ίδιο προσανατολισμό (σφαιρική συμμετρία).	2. Έχει τρεις διαφορετικούς προσανατολισμούς ( $p_x, p_y, p_z$ ).
3. Η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου κοντά στον πυρήνα είναι μέγιστη.	3. Η πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου κοντά στον πυρήνα είναι ελάχιστη (μηδενική).
4. Έχει χαμηλότερη ενέργεια από το τροχιακό np*.	4. Έχει υψηλότερη ενέργεια από το τροχιακό ns*.

\*Στα πολυηλεκτρονιακά άτομα για την ενέργεια των τροχιακών μιας στιβάδας ισχύει ότι  $ns < np$ . Στο άτομο του υδρογόνου τα τροχιακά ns και np που ανήκουν στην ίδια στιβάδα έχουν την ίδια ενέργεια.

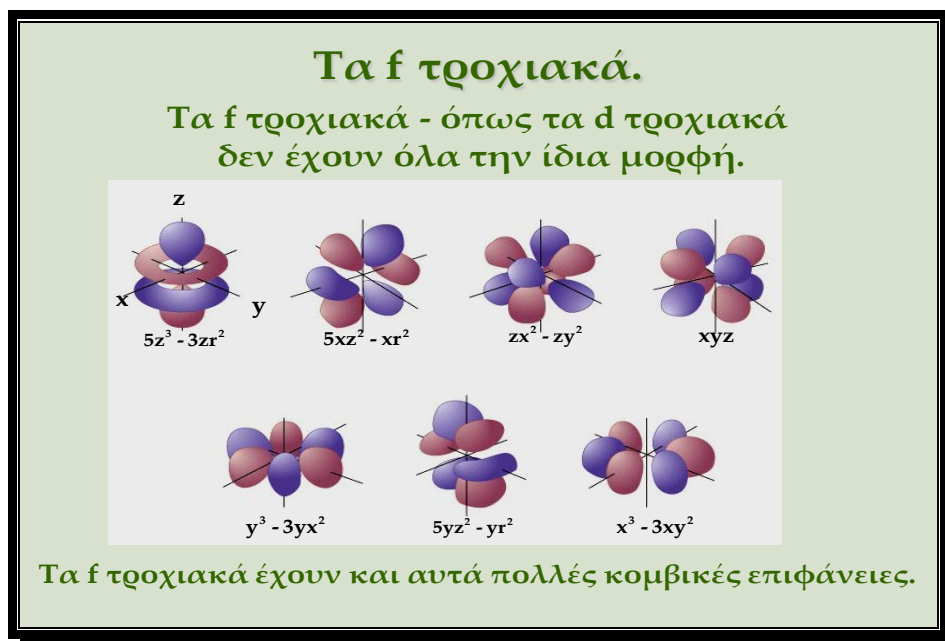
## Γραφική απεικόνιση των d ατομικών τροχιακών

Τα d τροχιακά ( $\ell = 2$ ) που είναι πέντε, ( $m_\ell: -2, -1, 0, +1, +2$ ), έχουν σχετικά πολύπλοκη απεικόνιση, που ξεφεύγει από τα όρια διδασκαλίας του σχολικού βιβλίου και παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:



## Γραφική απεικόνιση των f ατομικών τροχιακών

Το ίδιο ισχύει και για τα f τροχιακά ( $\ell=3$ ) που είναι συνολικά 7, με  $m_\ell$ : -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3. Παρόμοια σε κάθε στιβάδα με  $n>4$  υπάρχουν επτά f τροχιακά ( $m_\ell = -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3$ ).



## Πλήθος ατομικών τροχιακών

Κάθε ατομικό τροχιακό περιγράφεται από την τριάδα των κβαντικών αριθμών ( $n$ ,  $\ell$  και  $m_\ell$ ). Ο αριθμός των ατομικών τροχιακών που έχει μια στιβάδα με κύριο κβαντικό αριθμό  $n$  είναι ίσος με τον αριθμό των δυνατών τριάδων ( $n$ ,  $\ell$  και  $m_\ell$ ). Ο αριθμός των ατομικών τροχιακών που έχει μια στιβάδα είναι  $n^2$ , όπου  $n=1, 2, 3$  κ.ο.κ. είναι ο κύριος κβαντικός αριθμός της στιβάδας.

## Παράδειγμα

Η στιβάδα M ( $n = 3$ ) διαθέτει τις υποστιβάδες 3s, 3p, 3d και περιλαμβάνει συνολικά εννέα τροχιακά ( $n^2=3^2=9$ ), με τριάδες κβαντικών αριθμών ( $n$ ,  $\ell$  και  $m_\ell$ ):

3s: (3, 0, 0)

3p: (3, 1, +1), (3, 1, 0), (3, 1, -1)

3d: (3, 2, +2), (3, 2, +1), (3, 2, 0), (3, 2, -1), (3, 2, -2)

Οι κβαντικοί αριθμοί και ο αριθμός των ατομικών τροχιακών για τις τέσσερις πρώτες στιβάδες φαίνονται στον επόμενο πίνακα 1.3.:

n	$\ell$	$m_\ell$	$m_s$		
1	0	0	+1/2, -1/2	Η στιβάδα K (n=1), έχει μία υποστιβάδα s ( $\ell=0$ ), στην οποία αντιστοιχεί ένα τροχιακό s, στο οποίο μπορούμε να έχουμε το πολύ δύο ηλεκτρόνια με κβαντικούς αριθμούς: (1, 0, 0, +1/2) (1, 0, 0, -1/2)	
2	0	0	+1/2 -1/2	Η στιβάδα L (n=2), έχει δύο υποστιβάδες ( $\ell = 0, 1$ ) τις s και p αντίστοιχα. Στην s αντιστοιχεί ένα τροχιακό με δύο το πολύ ηλεκτρόνια, ενώ στην p τρία τροχιακά με $3 \cdot 2 = 6$ το πολύ ηλεκτρόνια.	
	1	-1	+1/2, -1/2		
		0	+1/2, -1/2		
3	1	+1	+1/2, -1/2	Η στιβάδα M (n=3), έχει τρεις υποστιβάδες ( $\ell = 0, 1, 2$ ) τις s, p και d αντίστοιχα. Στην s αντιστοιχεί ένα τροχιακό με δύο το πολύ ηλεκτρόνια, στην p τρία τροχιακά με $3 \cdot 2 = 6$ ηλεκτρόνια (το μέγιστο) και στην d πέντε τροχιακά με $5 \cdot 2 = 10$ ηλεκτρόνια (το μέγιστο).	
		-1	+1/2, -1/2		
		0	+1/2, -1/2		
	2	-2	+1/2, -1/2		
		-1	+1/2, -1/2		
		0	+1/2, -1/2		
4	1	+1	+1/2, -1/2	Η στιβάδα N (n=4), έχει τέσσερις υποστιβάδες ( $\ell = 0, 1, 2, 3$ ) τις s, p, d και f αντίστοιχα. Στην s αντιστοιχεί ένα τροχιακό με δύο το πολύ ηλεκτρόνια, στην p τρία τροχιακά με $3 \cdot 2 = 6$ ηλεκτρόνια (το μέγιστο), στην d πέντε τροχιακά με $5 \cdot 2 = 10$ ηλεκτρόνια (το μέγιστο) και στην f επτά τροχιακά με $7 \cdot 2 = 14$ ηλεκτρόνια (το μέγιστο).	
		0	+1/2, -1/2		
		-1	+1/2, -1/2		
	2	-2	+1/2, -1/2		
		-1	+1/2, -1/2		
		0	+1/2, -1/2		
		+1	+1/2, -1/2		
	3	3	+2		+1/2, -1/2
			+1		+1/2, -1/2
			0		+1/2, -1/2
-1			+1/2, -1/2		
-2			+1/2, -1/2		
3	3	-3	+1/2, -1/2		
		+3	+1/2, -1/2		

Πίνακας 6.3.: Πλήρωση στιβάδων, υποστιβάδων, τροχιακών με ηλεκτρόνια

### 6.4.1 Μεθοδολογία – Λυμένα παραδείγματα

#### Κανόνες σύγκρισης μεγέθους σωματιδίων

1. Από τους δύο παράγοντες ( $n$  και  $Z^*$ ) μεγαλύτερη επίδραση στην ατομική ακτίνα, έχει ο κύριος κβαντικός αριθμός των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας ( $n_{εξ}$ ).
2. Το άτομο (ή το ιόν) που έχει ταυτόχρονα τις περισσότερες στιβάδες με  $e^-$  και το μικρότερο  $Z_{eff}$  θα έχει το μεγαλύτερο μέγεθος. Αν δεν είναι δυνατόν αυτό τότε δίνουμε προτεραιότητα στον αριθμό στιβάδων γιατί έχει μεγαλύτερη επίδραση στην ακτίνα.
3. Σε περιπτώσεις ατόμων με ιόντα, που το πλήθος των στιβάδων και το  $Z_{eff}$ , είναι ίδια, τότε αυτό με τα περισσότερα  $e^-$  (λόγω μεγαλύτερων απώσεων) θα έχει μεγαλύτερο μέγεθος.
4. Σε περιπτώσεις ατόμων, που το πλήθος των στιβάδων και το  $Z_{eff}$ , είναι ίδια, τότε κοιτάζουμε το μικρότερο φορτίο πυρήνα  $Z$ .

#### Συμπεράσματα

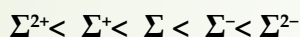
**α.** Ένα θετικό ιόν (κατιόν) έχει μικρότερο μέγεθος από το αντίστοιχο ουδέτερο άτομο (ισχυρότερη έλξη πυρήνα - ηλεκτρονίων εξωτερικής στιβάδας).

Για παράδειγμα έχουμε:  $Na^+ < Na$ ,  $Ca^{2+} < Ca^+ < Ca$

**β.** Ένα αρνητικό ιόν (ανιόν) έχει μεγαλύτερο μέγεθος από το αντίστοιχο ουδέτερο άτομο (ασθενέστερη έλξη πυρήνα - ηλεκτρονίων εξωτερικής στιβάδας, ισχυρότερες απώσεις ηλεκτρονίων).

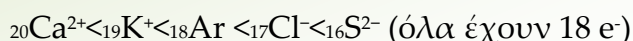
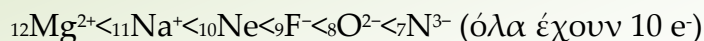
Για παράδειγμα έχουμε:  $Cl^- > Cl$ ,  $S^{2-} > S^- > S$

**γ.** Για ένα χημικό στοιχείο  $\Sigma$  το μέγεθος των σωματιδίων του αυξάνεται σύμφωνα με τη σειρά:



**δ.** Ανάμεσα σε ισοηλεκτρονιακά σωματίδια (έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων) μικρότερο μέγεθος έχει εκείνο με το μεγαλύτερο πυρηνικό φορτίο (ισχυρότερη έλξη πυρήνα – ηλεκτρονίων εξωτερικής στιβάδας).

Για παράδειγμα έχουμε:



### Παράδειγμα 1°

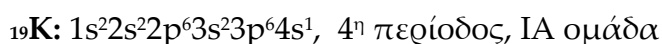
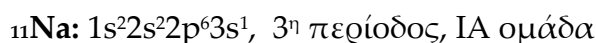
Να εξηγήσετε ποιο από τα επόμενα χημικά στοιχεία έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

**α)**  ${}_{11}\text{Na}$  και  ${}_{19}\text{K}$ ,

**β)**  ${}_{20}\text{Ca}$  και  ${}_{16}\text{S}$ .

### Απάντηση

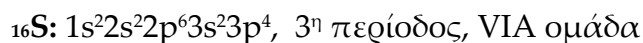
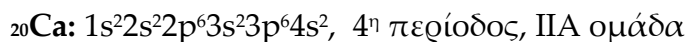
**α)** Η ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων των δύο χημικών στοιχείων στη θεμελιώδη κατάσταση είναι:



Τα άτομα των δύο χημικών στοιχείων έχουν το ίδιο δραστικό πυρηνικό φορτίο ( $Z^*$ ). Το άτομο του Κ έχει μεγαλύτερο αριθμό ηλεκτρονιακών στιβάδων, δηλαδή μεγαλύτερο κύριο κβαντικό αριθμό για το ηλεκτρόνιο της εξωτερικής στιβάδας (Κ:  $n_{εξ} = 4$  και Να:  $n_{εξ} = 3$ ). Επομένως στο άτομο Κ η έλξη του πυρήνα στο ηλεκτρόνιο της εξωτερικής στιβάδας ελαττώνεται, οπότε **το Κ έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα από το Να.**

Ακόμη, σύμφωνα με τη θέση των δύο χημικών στοιχείων στον Π.Π., αυτά ανήκουν στην ίδια ομάδα του Π.Π. (1 ή ΙΑ), ενώ το Να ανήκει στην 3<sup>η</sup> περίοδο και το Κ ανήκει στην 4<sup>η</sup> περίοδο. Όπως γνωρίζουμε, σε μια ομάδα του Π.Π. η ατομική ακτίνα αυξάνεται από πάνω προς τα κάτω, επομένως το Κ έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα από το Να.

**β)** Η ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων των δύο χημικών στοιχείων στη θεμελιώδη κατάσταση είναι:



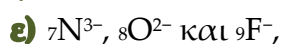
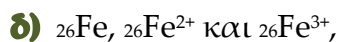
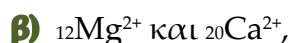
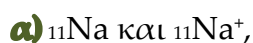
Το άτομο του Ca έχει μικρότερο δραστικό πυρηνικό φορτίο ( $Z^*$ ). Επίσης το άτομο του Ca έχει μεγαλύτερο αριθμό ηλεκτρονιακών στιβάδων (Ca:  $n_{\text{εξ}} = 4$  και S:  $n_{\text{εξ}} = 3$ ). Επομένως στο άτομο του Ca η έλξη του πυρήνα στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας ελαττώνεται, οπότε **το Ca έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα από το S**.

Ακόμη, σύμφωνα με τη θέση των χημικών στοιχείων στον Π.Π., το Ca βρίσκεται πιο αριστερά και πιο κάτω στον Π.Π. Όπως γνωρίζουμε στον Π.Π. η ατομική ακτίνα αυξάνεται προς τ' αριστερά (σε μια περίοδο) και προς τα κάτω (σε μια ομάδα). Επομένως το Ca έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα.

Πιο αναλυτικά, το  ${}_{20}\text{Ca}$  έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα από το  ${}_{12}\text{Mg}$  (ίδια ομάδα: IIA), ενώ το  ${}_{12}\text{Mg}$  έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα από το  ${}_{16}\text{S}$  (ίδια περίοδος: 3<sup>η</sup>). Επομένως τελικά ισχύει:  $r_{\text{Ca}} > r_{\text{Mg}} > r_{\text{S}}$ .

## Παράδειγμα 2°

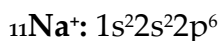
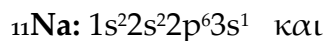
Να συγκρίνετε το μέγεθος στα επόμενα σωματίδια:



(σχολικό, άσκηση 77, σελ. 50)

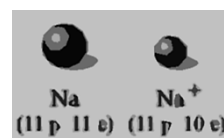
## Απάντηση

**α)** Οι ηλεκτρονιακές δομές του ατόμου Na και του ιόντος  $\text{Na}^+$  είναι αντίστοιχα:



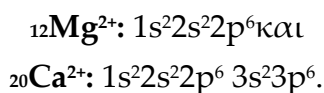
Τα δύο σωματίδια έχουν το ίδιο πυρηνικό φορτίο (11p). Στο άτομο του Na τα ηλεκτρόνια κατανέμονται σε τρεις στιβάδες (η εξωτερική στιβάδα έχει  $n_{\text{εξ}} = 3$ ), ενώ στο κατιόν  $\text{Na}^+$  σε δύο στιβάδες ( $n_{\text{εξ}} = 2$ ).

Επομένως στο κατιόν  $\text{Na}^+$  η έλξη του πυρήνα στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας είναι ισχυρότερη, οπότε **το κατιόν  $\text{Na}^+$  έχει μικρότερο μέγεθος από το άτομο Na**.



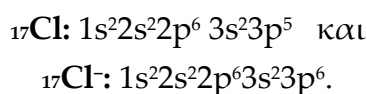
☀ Η ακτίνα του κατιόντος  $\text{Na}^+$  (95 pm) είναι περίπου η μισή από την ατομική ακτίνα του Na (186 pm).

**β)** Οι ηλεκτρονιακές δομές των δύο ιόντων είναι:



Τα δύο ιόντα έχουν περίπου το ίδιο δραστικό πυρηνικό φορτίο ( $Z^*$ ). Το κατιόν  $\text{Mg}^{2+}$  έχει εξωτερική στιβάδα με  $n = 2$ , ενώ το κατιόν  $\text{Ca}^{2+}$  έχει εξωτερική στιβάδα με  $n = 3$ , δηλαδή το  $\text{Ca}^{2+}$  έχει συμπληρωμένη με ηλεκτρόνια μια στιβάδα περισσότερη. Επομένως **το ιόν  $\text{Ca}^{2+}$  έχει μεγαλύτερο μέγεθος από το ιόν  $\text{Mg}^{2+}$ .**

**γ)** Οι ηλεκτρονιακές δομές του ατόμου Cl και του ιόντος  $\text{Cl}^-$  είναι αντίστοιχα:

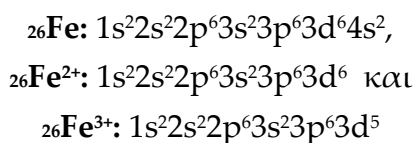


Στα δύο σωματίδια τα ηλεκτρόνια τους κατανέμονται σε τρεις στιβάδες, αφού έχουν  $n_{\text{εξ}} = 3$ . Επίσης τα δύο σωματίδια έχουν το ίδιο πυρηνικό φορτίο (17p). Το ανιόν  $\text{Cl}^-$  έχει όμως ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο στην εξωτερική στιβάδα, οπότε η ελκτική δύναμη του πυρήνα στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας ελαττώνεται.

Επίσης στο ανιόν  $\text{Cl}^-$  οι απώσεις μεταξύ των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας είναι μεγαλύτερες, οπότε το ηλεκτρονιακό νέφος καταλαμβάνει μεγαλύτερο χώρο. Επομένως **το ανιόν  $\text{Cl}^-$  έχει μεγαλύτερο μέγεθος από το άτομο Cl.**



**δ)** Οι ηλεκτρονιακές δομές των τριών σωματιδίων είναι:



Τα τρία σωματίδια έχουν το ίδιο πυρηνικό φορτίο (26p). Στο άτομο του Fe η εξωτερική στιβάδα έχει  $n_{\text{εξ}} = 4$ , ενώ στα ιόντα  $\text{Fe}^{2+}$  και  $\text{Fe}^{3+}$  είναι  $n_{\text{εξ}} = 3$ .

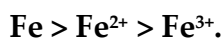
Επομένως το άτομο Fe που έχει μια στιβάδα περισσότερο έχει μεγαλύτερο μέγεθος:  $r(\text{Fe}) > r(\text{Fe}^{2+}), r(\text{Fe}^{3+})$ .

Το ιόν  $\text{Fe}^{2+}$  έχει ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο στην εξωτερική στιβάδα από το ιόν  $\text{Fe}^{3+}$ , οπότε η ελκτική δύναμη του πυρήνα στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας ελαττώνεται.

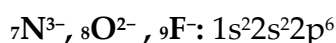
Επίσης στο ιόν  $\text{Fe}^{2+}$  οι απώσεις μεταξύ των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας είναι μεγαλύτερες, οπότε το ηλεκτρονιακό νέφος καταλαμβάνει μεγαλύτερο χώρο.

Επομένως το ιόν  $\text{Fe}^{2+}$  έχει μεγαλύτερο μέγεθος:  $r(\text{Fe}^{2+}) > r(\text{Fe}^{3+})$ .

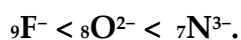
Τελικά για το μέγεθος των τριών σωματιδίων ισχύει:



- ε) Τα τρία σωματίδια έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων (10e), δηλαδή είναι ισοηλεκτρονιακά, οπότε έχουν την ίδια ηλεκτρονιακή δομή:



Τα τρία σωματίδια έχουν τον ίδιο αριθμό στιβάδων ( $n_{\text{εξ}} = 2$ ). Το ιόν  ${}^7\text{N}^{3-}$  έχει στον πυρήνα του 7p, το ιόν  ${}^8\text{O}^{2-}$  έχει στον πυρήνα του 8p, ενώ το ιόν  ${}^9\text{F}^-$  έχει στον πυρήνα του 9p. Επειδή ο πυρήνας του  $\text{F}^-$  έχει μεγαλύτερο φορτίο, η ελκτική δύναμη του πυρήνα στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας είναι μεγαλύτερη, οπότε έχει μικρότερο μέγεθος. Αντίστοιχα το ιόν  ${}^8\text{O}^{2-}$  έχει μικρότερο μέγεθος από το ιόν  ${}^7\text{N}^{3-}$ . Επομένως για το μέγεθος των τριών σωματιδίων ισχύει:

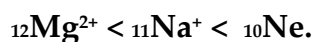


- στ) Τα τρία σωματίδια είναι ισοηλεκτρονιακά (10e), οπότε έχουν την ίδια ηλεκτρονιακή δομή ( $n_{\text{εξ}} = 2$ ):



Το  ${}^{12}\text{Mg}^{2+}$  έχει μεγαλύτερο πυρηνικό φορτίο (12p) από το  ${}^{11}\text{Na}^+$  (11p) και αυτό από το  ${}^{10}\text{Ne}$  (10p).

Επομένως η ελκτική δύναμη του πυρήνα στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας ελαττώνεται σύμφωνα με τη σειρά:  ${}^{12}\text{Mg}^{2+} > {}^{11}\text{Na}^+ > {}^{10}\text{Ne}$ , οπότε για το μέγεθος των σωματιδίων ισχύει:



### Ερωτήσεις ανοιχτού τύπου

1.
  - α. Να εξηγήσετε γιατί είναι δύσκολο να μετρηθεί με ακρίβεια το μέγεθος ενός ατόμου.
  - β. Γιατί είναι δύσκολο να υπολογιστεί η ατομική ακτίνα των ευγενών αερίων;
  - γ. Ποιος παράγοντας καθορίζει την ατομική ακτίνα των χημικών στοιχείων:
    - i. Μιας ομάδας του Π.Π.;
    - ii. Μιας περιόδου του Π.Π.;
  
2.
  - α. Τι είναι το δραστικό πυρηνικό φορτίο  $Z^*$ ;
  - β. Να συγκρίνετε το δραστικό πυρηνικό φορτίο των χημικών στοιχείων:
    - i. Της 2<sup>ης</sup> περιόδου του Π.Π.,
    - ii. Της ΙΑ ομάδας του Π.Π.
  
3. Πώς μεταβάλλεται η ατομική ακτίνα των χημικών στοιχείων:
  - α. Της ΙΑ ομάδας του Π.Π.;
  - β. Της 2<sup>ης</sup> περιόδου του Π.Π.;
  - γ. Μετάπτωσης της 4<sup>ης</sup> περιόδου του Π.Π.;
  - δ. Λανθανίδες (από  $_{57}\text{La}$  έως  $_{71}\text{Lu}$ );
  
4. Στον επόμενο πίνακα δίνονται οι ενέργειες πρώτου ιοντισμού ( $E_{i1}$ ), εκφρασμένες σε KJ/mol, για τα χημικά στοιχεία της 2<sup>ης</sup> περιόδου του Π.Π.

$_{3}\text{Li}$	$_{4}\text{Be}$	$_{5}\text{B}$	$_{6}\text{C}$	$_{7}\text{N}$	$_{8}\text{O}$	$_{9}\text{F}$	$_{10}\text{Ne}$
520	899	801	1.086	1.402	1.314	1.681	2.081

- α. Πώς εξηγείται ότι η  $E_{i1}$  κατά μήκος της περιόδου αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά;
- β. Να εξηγήσετε τις επόμενες προτάσεις:
  - i. Το Ne έχει αυξημένη τιμή  $E_{i1}$ ,
  - ii. Το Be έχει μεγαλύτερη τιμή  $E_{i1}$  από το B,
  - iii. Το N έχει μεγαλύτερη τιμή  $E_{i1}$  από το O.

5. Το  ${}^5\text{B}$  έχει διαδοχικές ενέργειες ιοντισμού:

	$E_{i1}$	$E_{i2}$	$E_{i3}$	$E_{i4}$	$E_{i5}$
KJ/mol	801	2.427	3.660	25.025	32.827

Να εξηγήσετε γιατί για τις ενέργειες ιοντισμού του  ${}^5\text{B}$  ισχύει η εξής διάταξη:

$$E_{i1} < E_{i2} < E_{i3} \ll E_{i4} < E_{i5}$$

6. Να απαντήσετε στα παρακάτω ερωτήματα:

- α. Τι ονομάζεται ηλεκτροθετικότητα; Πώς μεταβάλλεται η ηλεκτροθετικότητα των χημικών στοιχείων σε σχέση με τη θέση τους στον Π.Π.;
- β. Ποιο από τα επόμενα χημικά στοιχεία είναι περισσότερο ηλεκτροθετικό;
- ${}_{11}\text{Na}$ ,  ${}_{19}\text{K}$  και  ${}_{37}\text{Rb}$ ,
  - ${}_{3}\text{Li}$ ,  ${}^5\text{B}$  και  ${}_{8}\text{O}$ ,
  - ${}_{19}\text{K}$ ,  ${}_{12}\text{Mg}$  και  ${}_{13}\text{Al}$ .

7. Να συγκρίνετε την ηλεκτραρνητικότητα των επόμενων χημικών στοιχείων:

- α.  ${}_{16}\text{S}$ ,  ${}_{17}\text{Cl}$ ,  ${}_{15}\text{P}$  και  ${}_{14}\text{Si}$ .
- β.  ${}_{53}\text{I}$ ,  ${}_{17}\text{Cl}$ ,  ${}_{35}\text{Br}$  και  ${}_{9}\text{F}$ .

8. Να εξηγήσετε τα παρακάτω δεδομένα:

- α. Για τις ενέργειες ιοντισμού του  ${}_{19}\text{K}$  ισχύει ότι  $E_{i1} = 419 \text{ KJ/mol}$  και  $E_{i2} = 3.050 \text{ KJ/mol}$ .
- β. Ο  ${}_{26}\text{Fe}$  σχηματίζει τόσο ιόντα  $\text{Fe}^{2+}$  όσο και ιόντα  $\text{Fe}^{3+}$ .
- γ. Το  $\text{Na}$  στις χημικές αντιδράσεις δεν σχηματίζει ιόντα  $\text{Na}^{2+}$ .
- δ. Τα αλκάλια και οι αλκαλικές γαίες δεν βρίσκονται στη φύση ελεύθερα, αλλά με τη μορφή κατιόντων.
- ε. Τα μέταλλα των αλκαλίων έχουν σχετικά μικρές πυκνότητες.
- στ. Ο  ${}_{15}\text{P}$  έχει μεγαλύτερη  $E_{i1}$  ( $1.012 \text{ KJ/mol}$ ) από το  ${}_{14}\text{Si}$  ( $786 \text{ KJ/mol}$ ) και το  ${}_{16}\text{S}$  ( $1.000 \text{ KJ/mol}$ ).

9. Ποιο από τα επόμενα χημικά στοιχεία έχει μεγαλύτερη τάση να προσλάβει ηλεκτρόνιο;

- α.  ${}_{11}\text{Na}$ ,                      β.  ${}_{14}\text{Si}$ ,                      γ.  ${}_{16}\text{S}$ .

10. Να συγκρίνετε την ατομική ακτίνα των παρακάτω χημικών στοιχείων:

- α.  ${}^3\text{Li}$ ,  ${}^{11}\text{Na}$ ,  ${}^{19}\text{K}$  και  ${}^{37}\text{Rb}$ ,
- β.  ${}^{11}\text{Na}$ ,  ${}^{12}\text{Mg}$ ,  ${}^{13}\text{Al}$  και  ${}^{17}\text{Cl}$ ,
- γ.  ${}^{19}\text{K}$ ,  ${}^{20}\text{Ca}$ ,  ${}^{21}\text{Sc}$  και  ${}^{24}\text{Cr}$ ,
- δ.  ${}^{12}\text{Mg}$ ,  ${}^{16}\text{S}$  και  ${}^{20}\text{Ca}$ ,
- ε.  ${}^8\text{O}$ ,  ${}^9\text{F}$  και  ${}^{11}\text{Na}$ ,
- στ.  ${}^{17}\text{Cl}$ ,  ${}^{20}\text{Ca}$  και  ${}^{34}\text{Se}$ ,
- ζ.  ${}^{18}\text{Ar}$ ,  ${}^{19}\text{K}$  και  ${}^{20}\text{Ca}$ ,
- η.  ${}^{12}\text{Mg}$ ,  ${}^{15}\text{P}$ ,  ${}^{17}\text{Cl}$  και  ${}^{19}\text{K}$ .

11. Να συγκρίνετε την ατομική ακτίνα στα επόμενα ζεύγη:

- α.  ${}^9\text{F}$  και  ${}^{14}\text{Si}$ ,
- β.  ${}^6\text{C}$  και  ${}^{15}\text{P}$ ,
- γ.  ${}^{16}\text{S}$  και  ${}^{35}\text{Br}$ ,
- δ.  ${}^{11}\text{Na}$  και  ${}^{36}\text{Kr}$ .

12. Με βάση τη θέση τους στον Π.Π. να διατάξετε τα επόμενα χημικά στοιχεία κατά αυξανόμενη ατομική ακτίνα:

- α.  ${}^3\text{Li}$ ,  ${}^6\text{C}$ ,  ${}^9\text{F}$ ,  ${}^{10}\text{Ne}$  και  ${}^{11}\text{Na}$ ,
- β.  ${}^9\text{F}$ ,  ${}^{11}\text{Na}$ ,  ${}^{17}\text{Cl}$ ,  ${}^{19}\text{K}$  και  ${}^{37}\text{Rb}$ ,
- γ.  ${}^{16}\text{S}$ ,  ${}^{17}\text{Cl}$ ,  ${}^{18}\text{Ar}$ ,  ${}^{20}\text{Ca}$ ,  ${}^{32}\text{Ge}$  και  ${}^{34}\text{Se}$ .

13. Να συγκρίνετε το μέγεθος στα επόμενα σωματίδια:

- α.  ${}^{19}\text{K}$  και  ${}^{19}\text{K}^+$ ,
- β.  ${}^9\text{F}$  και  ${}^9\text{F}^-$ ,
- γ.  ${}^{11}\text{Na}^+$  και  ${}^{19}\text{K}^+$ ,
- δ.  ${}^{13}\text{Al}$ ,  ${}^{13}\text{Al}^+$  και  ${}^{13}\text{Al}^{3+}$ ,
- ε.  ${}^{16}\text{S}^{2-}$  και  ${}^8\text{O}^{2-}$ ,
- στ.  ${}^7\text{N}$ ,  ${}^7\text{N}^{3-}$  και  ${}^7\text{N}^+$ .

14. Να διατάξετε τα επόμενα σωματίδια κατά αυξανόμενο μέγεθος:

- α.  ${}^8\text{O}^{2-}$ ,  ${}^9\text{F}^-$ ,  ${}^{10}\text{Ne}$  και  ${}^{11}\text{Na}^+$ ,
- β.  ${}^{19}\text{K}^+$ ,  ${}^{20}\text{Ca}^{2+}$  και  ${}^{21}\text{Sc}^{3+}$ ,
- γ.  ${}^{16}\text{S}^{2-}$ ,  ${}^{17}\text{Cl}^-$ ,  ${}^{18}\text{Ar}$  και  ${}^{19}\text{K}^+$ ,
- δ.  ${}^{19}\text{K}^+$ ,  ${}^{19}\text{K}$  και  ${}^{17}\text{Cl}^-$ .

15. Να γραφούν οι ηλεκτρονιακές δομές των ιόντων που προκύπτουν:
- α. Κατά τον πρώτο ιοντισμό των χημικών στοιχείων:  
 ${}^3\text{Li}$ ,  ${}^{12}\text{Mg}$ ,  ${}^{15}\text{P}$ ,  ${}^{23}\text{V}$ ,  ${}^{29}\text{Cu}$  και  ${}^{59}\text{Pr}$ .
- β. Κατά τον δεύτερο ιοντισμό των χημικών στοιχείων:  
 ${}^{11}\text{Na}$ ,  ${}^{20}\text{Ca}$ ,  ${}^{21}\text{Sc}$ ,  ${}^{26}\text{Fe}$ ,  ${}^{29}\text{Cu}$ ,  ${}^{31}\text{Ga}$  και  ${}^{50}\text{Sn}$ .
16. Να διατάξετε κατά αυξανόμενη τιμή  $E_{\text{I1}}$  τα επόμενα χημικά στοιχεία:
- α.  ${}^4\text{Be}$ ,  ${}^{12}\text{Mg}$  και  ${}^{20}\text{Ca}$ ,
- β.  ${}^{11}\text{Na}$ ,  ${}^{12}\text{Mg}$ ,  ${}^{14}\text{Si}$  και  ${}^{17}\text{Cl}$ ,
- γ.  ${}^9\text{F}$ ,  ${}^{13}\text{Al}$  και  ${}^{16}\text{S}$ ,
- δ.  ${}^{10}\text{Ne}$ ,  ${}^{19}\text{K}$ ,  ${}^{32}\text{Ge}$  και  ${}^{36}\text{Kr}$ ,
- ε.  ${}^2\text{He}$ ,  ${}^8\text{O}$ ,  ${}^{10}\text{Ne}$  και  ${}^{16}\text{S}$ .
17. Ποιο από τα χημικά στοιχεία  ${}^{11}\text{Na}$  και  ${}^{12}\text{Mg}$  έχει μεγαλύτερη ενέργεια:
- α. Πρώτου ιοντισμού;
- β. Δεύτερου ιοντισμού;
18. α. Να συγκρίνετε την ενέργεια δεύτερου ιοντισμού των χημικών στοιχείων:
- i.  ${}^{19}\text{K}$  και  ${}^{20}\text{Ca}$ ,
- ii.  ${}^{12}\text{Mg}$  και  ${}^{20}\text{Ca}$ .
- β. Να συγκρίνετε την ενέργεια πρώτου ιοντισμού του  ${}^{10}\text{Ne}$  με την ενέργεια δεύτερου ιοντισμού του  ${}^{11}\text{Na}$ .
19. Να συγκρίνετε την ενέργεια πρώτου ιοντισμού του  ${}^1\text{H}$  με την ενέργεια δεύτερου ιοντισμού του  ${}^2\text{He}$  και την ενέργεια τρίτου ιοντισμού του  ${}^3\text{Li}$ .
20. α. Σε ποια ομάδα του Π.Π., ανήκουν τα χημικά στοιχεία  ${}^{12}\text{Mg}$  και  ${}^{20}\text{Ca}$ ;
- β. Ποιο από τα δύο χημικά στοιχεία:
- i. Έχει μικρότερη ατομική ακτίνα;
- ii. Έχει μεγαλύτερη τιμή  $E_{\text{I1}}$ ;
- iii. Έχει μεγαλύτερο δραστικό πυρηνικό φορτίο;
- iv. Είναι περισσότερο ηλεκτροθετικά;
- v. Έχει εντονότερο μεταλλικό χαρακτήρα;
- vi. Είναι παραμαγνητικό;



ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ ΜΕΣΗΣ & ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Ε. ΣΤΟΓΙΑΝΝΗΣ

Ασπασίας 76-78, Χολαργός Τηλ. 210 6512099

e-mail: [stogiannis@stogiannis.edu.gr](mailto:stogiannis@stogiannis.edu.gr)

[www.stogiannis.edu.gr](http://www.stogiannis.edu.gr)

