

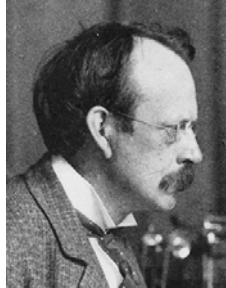
*ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ
ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ*

Σημαντικοί σταθμοί στην εξέλιξη της γνώσης για τη δομή του ατόμου

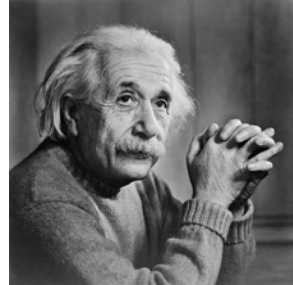
ατομική
θεωρία
Δημόκριτου



ανακάλυψη e^-
ατομικό
πρότυπο
Thomson



επέκταση
κβαντικής θεωρίας
Einstein



πρότυπο
Bohr



μηχανική μητρών
αρχή αβεβαιότητας
Heisenberg



~450
π.Χ

~1800
μ.Χ

1897
1900
μ.Χ

1900
μ.Χ.

1905
μ.Χ

1911
μ.Χ

1913
μ.Χ

1924
μ.Χ

1925
1927
μ.Χ

1926
μ.Χ

ατομική
θεωρία
Dalton



κβαντική
θεωρία
Planck



ατομικό
πρότυπο
Rutherford



υλοκυματικός
δυϊσμός
De Broglie



κυματική
εξίσωση
Schrödinger





Τροχιακό - Κβαντικοί αριθμοί Ηλεκτρονιακή δόμηση Περιοδικός πίνακας

Παρατήρηση:

α. Ο κύριος κβαντικός αριθμός (n) είναι χαρακτηριστικός για κάθε επιτρεπόμενη τροχιά.

β. Το αρνητικό πρόσημο δηλώνει ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του n, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ενέργεια του ηλεκτρονίου, δηλαδή όταν το ηλεκτρόνιο απομακρύνεται από το πυρήνα, η ενέργειά του μεγαλώνει.

γ. Όταν η ενέργεια του ηλεκτρονίου μηδενίζεται, δηλαδή γίνεται μέγιστη, τότε το ηλεκτρόνιο δεν ανήκει πλέον στο άτομο και έχουμε **ιοντισμό**.

Τροχιακό - Κβαντικοί αριθμοί:

• Ατομικό πρότυπο του Bohr:

Το ατομικό πρότυπο του Bohr μπορεί να συνοψιστεί στις δύο συνθήκες του:

• 1η συνθήκη (μηχανική συνθήκη):

Τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω απ' τον πυρήνα σε ορισμένες κυκλικές τροχιές. Κάθε επιτρεπόμενη τροχιά έχει καθορισμένη ενέργεια, είναι δηλαδή κβαντισμένη.

Η ενέργεια του ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου δίνεται από τη σχέση:

$$E_n = -\frac{2,18 \cdot 10^{-18}}{n^2} \text{ J}$$

όπου n = 1,2,3,... (κύριος κβαντικός αριθμός).

• 2η συνθήκη (οπτική συνθήκη):

Το ηλεκτρόνιο εκπέμπει ή απορροφά ενέργεια υπό μορφή ακτινοβολίας μόνο όταν μεταπηδά από μία τροχιά σε μία άλλη, όταν δηλαδή αλλάζει ενεργειακή στάθμη.

Πιο συγκεκριμένα, εκπέμπει ακτινοβολία όταν μεταπηδά από υψηλότερη σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη και απορροφά ακτινοβολία όταν μεταπηδά από χαμηλότερη σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη.

Η ενέργεια που εκπέμπεται ή απορροφάται δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta E = |E_f - E_i| = h \nu$$

όπου:

- ΔΕ:** Το ποσό ενέργειας που εκλύεται ή απορροφάται (σε J).
E_f: Η ενέργεια του ηλεκτρονίου στην τελική ενεργειακή στάθμη (σε J).
E_i: Η ενέργεια του ηλεκτρονίου στην αρχική ενεργειακή στάθμη (σε J).
h: Η σταθερά του Planck, ίση με $6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s
v: Η συχνότητα της εκπεμπόμενης ή απορροφούμενης ακτινοβολίας (σε s⁻¹ ή Hz).

Παρατήρηση:

Η σχέση που συνδέει το μήκος κύματος (λ) με τη συχνότητα (ν) μίας ακτινοβολίας είναι: $c = \lambda \cdot \nu$, όπου c η ταχύτητα του φωτός.

Με βάση το ατομικό πρότυπο του Bohr ερμηνεύτηκε το γραμμικό φάσμα εκπομπής του ατόμου του υδρογόνου και των υδρογονοειδών ιόντων, δηλαδή ιόντων με ένα ηλεκτρόνιο.

Το ατομικό πρότυπο του Bohr εγκαταλείφθηκε γιατί:

- Η εισαγωγή του κύριου κβαντικού αριθμού γίνεται αυθαίρετα.
- Δεν κατάφερε να ερμηνεύσει το φάσμα εκπομπής πολυπλοκότερων ατόμων, δηλαδή ατόμων με περισσότερα του ενός ηλεκτρόνια.
- Δεν κατάφερε να ερμηνεύσει τη δημιουργία του χημικού δεσμού.

• Θεωρία των κβάντα του Max Planck:

Στα 1900 ο Max Planck διατύπωσε την άποψη ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, άρα και το φως, εκπέμπεται, διαδίδεται και απορροφάται κατά ορισμένες ελάχιστες ποσότητες, τα κβάντα (quantum = ποσότητα, πακέτο). Κάθε κβάντο (φωτόνιο) μεταφέρει ποσότητα ενέργειας η οποία είναι ανάλογη της συχνότητας ν της ακτινοβολίας και δίδεται από τη σχέση:

$$E_{\text{φωτονίου}} = h \cdot \nu$$

Όπου: **E** η ενέργεια του φωτονίου (σε J).

v η συχνότητα της ακτινοβολίας (σε s⁻¹ ή Hz).

h παγκόσμια σταθερά που προσδιορίστηκε από τον Planck σε $6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s και πήρε το όνομά του, σταθερά του Planck.

• Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα - Συνεχή και γραμμικά φάσματα εκπομπής:

• Συνεχή φάσματα εκπομπής:

Ορισμένα σώματα (διάλυρα στερεά και υγρά) εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε όλα τα μήκη κύματος. Η ανάλυση αυτής της ακτινοβολίας με φασματοσκόπιο και η αποτύπωση σε φωτογραφική πλάκα παρέχει συνεχή ταινία χρωμάτων (συνεχές φάσμα).



Συνεχές φάσμα

Παρατήρηση:

Κάθε ακτινοβολία συγκεκριμένης συχνότητας (μονοχρωματική ακτινοβολία) έχει το δικό της κβάντο ενέργειας.



- **Γραμμικά φάσματα εκπομπής:**

Ορισμένα θερμά αέρια ή ατμοί εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μόνο σε ορισμένα μήκη κύματος (έγχρωμες διακριτές γραμμές, γραμμικό φάσμα).

Τα φάσματα εκπομπής των χημικών στοιχείων είναι γραμμικά. Κάθε γραμμή του φάσματος αντιστοιχεί σε εκπεμπόμενη ακτινοβολία καθορισμένης συχνότητας (χρώμα).

Κάθε χημικό στοιχείο έχει το δικό του χαρακτηριστικό γραμμικό φάσμα εκπομπής.

- **Κυματική θεωρία της ύλης του De Broglie:**

Τα ηλεκτρόνια, όπως και το φως, έχουν δυαδική φύση, δηλαδή έχουν συμπεριφορά σωματιδίου και κύματος.

Το μήκος κύματος λ , ενός κινούμενου σωματιδίου μάζας m και ταχύτητας u δίνεται από τη σχέση:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot u}$$

Για να εκδηλωθεί ο κυματικός χαρακτήρας, το σωματίδιο πρέπει να έχει μικρή μάζα και μεγάλη ταχύτητα. Συνεπώς, για τα σώματα του μακρόκοσμου λόγω της μεγάλης μάζας τους, είναι αδύνατο με τα σημερινά δεδομένα να μετρηθεί το μήκος κυματός τους.

Για τα υποατομικά όμως σωματίδια, λόγω της μικρής τους μάζας, είναι δυνατό να μετρηθεί το μήκος κύματος, δηλαδή να ανιχνευθεί η κυματική τους φύση.

- **Αρχή της αβεβαιότητας (απροσδιοριστίας) του Heisenberg:**

Είναι αδύνατο να προσδιορίσουμε με ακρίβεια, συγχρόνως τη θέση και την ορμή ενός μικρού σωματιδίου π.χ. ενός ηλεκτρονίου.

Δηλαδή, με όσο μεγαλύτερη ακρίβεια προσδιορίζεται η θέση του σωματιδίου, τόσο μεγαλύτερο είναι το σφάλμα στον προσδιορισμό της ορμής του και αντίστροφα.

Αποτέλεσμα της αρχής της αβεβαιότητας του Heisenberg, ήταν η κατάρριψη του ατομικού προτύπου του Bohr, γιατί η παραδοχή της κίνησης του ηλεκτρονίου σε καθορισμένη κυκλική τροχιά, προϋποθέτει επακριβή γνώση της θέσης και της ταχύτητας του ηλεκτρονίου.

- **Κυματική εξίσωση του Schrödinger:**

Η εξίσωση αυτή, συσχετίζει τη σωματιδιακή και τη κυματική συμπεριφορά του ηλεκτρονίου.

Η επίλυσή της γίνεται σχετικά εύκολα στο άτομο του υδρογόνου και στα υδρογονοειδή ιόντα, δηλαδή σε ιόντα που έχουν ένα ηλεκτρόνιο.

Στα πολυηλεκτρονιακά άτομα η επίλυσή της γίνεται με κατάλληλες προσεγγίσεις και παρουσιάζει μεγάλη δυσκολία.

Με βάση την εξίσωση του Schrödinger μπορούμε να υπολογίσουμε:

- Την ενέργεια ενός ηλεκτρονίου.
- Την πιθανότητα εύρεσης ενός ηλεκτρονίου σε ορισμένο χώρο.

• Ατομικό τροχιακό:

Η επίλυση της κυματικής εξίσωσης του Schrödinger οδηγεί στις κυματοσυναρτήσεις ψ , οι οποίες περιγράφουν την κατάσταση ενός ηλεκτρονίου ορισμένης ενέργειας E_n και ονομάζονται **ατομικά τροχιακά**.

Τα ατομικά τροχιακά είναι συναρτήσεις της μορφής $\psi(x, y, z)$ με x, y, z τις συντεταγμένες που καθορίζουν τη θέση του ηλεκτρονίου στο χώρο γύρω από τον πυρήνα.

Το ψ δεν έχει άμεση φυσική σημασία αλλά αποτελεί μία ένδειξη της παρουσίας ή μη του ηλεκτρονίου σε ένα χώρο γύρω από τον πυρήνα.

Πιο συγκεκριμένα, όταν $\psi = 0$ υποδηλώνει την απουσία του ηλεκτρονίου, ενώ όταν $\psi \neq 0$ υποδηλώνει την παρουσία του ηλεκτρονίου.

• Φυσική σημασία του ψ^2 :

Το ψ^2 εκφράζει την πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε ένα ορισμένο σημείο του χώρου γύρω από το πυρήνα.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του ψ^2 για ένα σημείο του χώρου, τόσο μεγαλύτερη είναι και η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο στο σημείο αυτό.

Παράδειγμα:

Σημείο A: $\psi = 0,2$ ή $\psi^2 = 0,04$

Σημείο B: $\psi = -0,1$ ή $\psi^2 = 0,01$

Συνεπώς, η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο στο σημείο A είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη από ότι να βρεθεί στο σημείο B.

Μία άλλη διατύπωση για τη φυσική σημασία του ψ^2 είναι η ακόλουθη:

Το ψ^2 , ή ακριβέστερα το $-e\psi^2$ όπου $-e$ το φορτίο του ηλεκτρονίου, εκφράζει την κατανομή ή την πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους στο χώρο γύρω από τον πυρήνα.

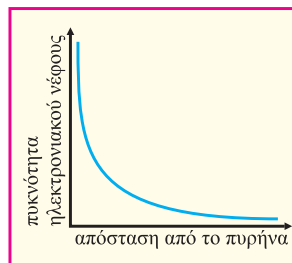
Με βάση τη συνάρτηση ψ^2 μπορούμε να σχεδιάσουμε τη γραφική παράσταση της πυκνότητας του ηλεκτρονιακού νέφους σε συνάρτηση με την απόσταση από τον πυρήνα.

Παράδειγμα:

Στο διπλανό διάγραμμα απεικονίζεται η γραφική παράσταση της πυκνότητας του ηλεκτρονιακού νέφους σε συνάρτηση με την απόσταση από τον πυρήνα, για το άτομο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση:

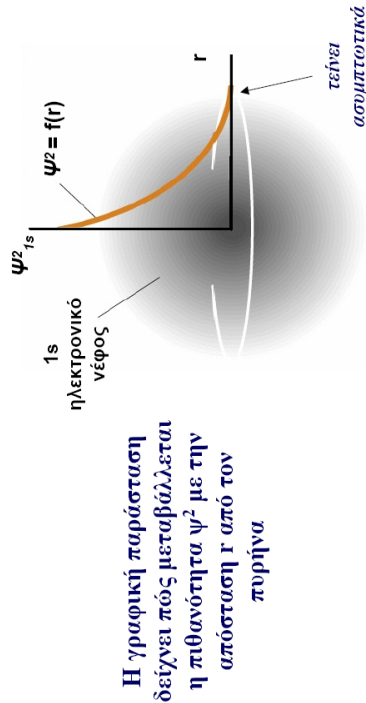
Παρατήρηση:

Οι τιμές της ενέργειας που υπολογίζονται με βάση την εξίσωση του Schrödinger ταυτίζονται με αυτές που προσδιόρισε ο Bohr.



Παρατήρηση:

Με τους παραπάνω τρόπους απεικονίζουμε την πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους ψ^2 και όχι το τροχιακό ψ , όπως πολλές φορές αναφέρουμε χάριν απλούστευσης.

• **Σχηματική απεικόνιση της ψ^2 :**

Η σχηματική απεικόνιση του ηλεκτρονιακού νέφους μπορεί να γίνει με τους τρεις παρακάτω τρόπους:

α. Με “στιγμές”:

Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα των στιγμών, τόσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους, άρα και η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο στο χώρο αυτό.

β. Με πυκνότητα χρώματος:

Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του χρώματος (εντονότερο χρώμα), τόσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους, άρα και η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο στο χώρο αυτό.

γ. Με οριακές καμπύλες:

Είναι ο συνηθέστερος και ευκολότερος τρόπος απεικόνισης του ηλεκτρονιακού νέφους και το περίγραμμα της καμπύλης είναι σχεδιασμένο έτσι, ώστε να περικλύει τη μέγιστη πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους, συνήθως το 90% ή και παραπάνω αυτής.

Παράδειγμα:

Η σχηματική απεικόνιση του ηλεκτρονιακού νέφους του ατόμου του υδρογόνου σε μη διεγερμένη κατάσταση και με τους τρεις τρόπους, είναι η ακόλουθη:

• **Κβαντικοί αριθμοί:**

Από την επίλυση της εξίσωσης του Schrödinger προκύπτουν οι τρεις από τους τέσσερις κβαντικούς αριθμούς (ο κύριος κβαντικός αριθμός n , ο δευτερεύων κβαντικός αριθμός ή αζιμουθιακός ℓ και ο μαγνητικός κβαντικός αριθμός m_ℓ).

Κάθε τριάδα κβαντικών αριθμών (n , ℓ , m_ℓ) καθορίζει ένα συγκεκριμένο ατομικό τροχιακό.

Ο τέταρτος κβαντικός αριθμός, δηλαδή ο κβαντικός αριθμός του spin m_s , δε συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής της ενέργειας του ηλεκτρονίου, συνεπώς και στο καθορισμό του ατομικού τροχιακού.

Κάθε τετράδα κβαντικών αριθμών (n, ℓ, m_ℓ, m_s) περιγράφει πλήρως την κατάσταση ενός ηλεκτρονίου στο άτομο.

• **Κύριος κβαντικός αριθμός (n):**

Ο κύριος κβαντικός αριθμός καθορίζει το μέγεθος του ηλεκτρονιακού νέφους (ή τροχιακού).

Ο n παίρνει ακέραιες τιμές: 1, 2, 3, ...

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του n , τόσο μεγαλύτερο είναι και το μέγεθος του ηλεκτρονιακού νέφους, δηλαδή τόσο πιο απομακρυσμένο είναι κατά μέσο όρο από τον πυρήνα.

Ο κύριος κβαντικός αριθμός παίζει καθοριστικό ρόλο στην ενέργεια του ηλεκτρονίου, καθορίζει ή δείχνει την ενέργεια του ηλεκτρονίου λόγω της έλξης του από τον πυρήνα. Πιο συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του n , τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια του ηλεκτρονίου.

Τροχιακά με τον ίδιο κύριο κβαντικό αριθμό συγκροτούν τη στιβάδα ή φλοιό.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο συμβολισμός των στιβάδων ή φλοιών:

Κύριος κβαντικός αριθμός (n):	1	2	3	4	5	6	7	...
Στιβάδα ή φλοιός:	K	L	M	N	O	P	Q	...

• **Δευτερεύων κβαντικός αριθμός ή αζιμουθιακός (ℓ):**

Ο δευτερεύων κβαντικός αριθμός καθορίζει το σχήμα του ηλεκτρονιακού νέφους (ή τροχιακού).

Εκφράζει ή δείχνει την ενέργεια του ηλεκτρονίου, λόγω των απώσεων με τα άλλα ηλεκτρόνια.

Ο ℓ παίρνει ακέραιες τιμές, που εξαρτώνται από την τιμή του n , δηλαδή $\ell = 0, 1, 2, 3, \dots (n - 1)$.

Ατομικά τροχιακά με τον ίδιο n και ℓ συγκροτούν την υποστιβάδα ή υποφλοιό.

Οι υποστιβάδες συμβολίζονται με γράμματα. Τα ατομικά τροχιακά κάθε υποστιβάδας συμβολίζονται και αυτά με το αντίστοιχο γράμμα της υποστιβάδας στην οποία ανήκουν.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο συμβολισμός των υποστιβάδων και των ατομικών τροχιακών:

Δευτερεύων κβαντικός αριθμός (ℓ):	0	1	2	3	4	...
Υποστιβάδα ή υποφλοιός:	s	p	d	f	g	...
Ατομικό τροχιακό:	s	p	d	f	g	...

Παρατήρηση:

- Στιβάδα ή φλοιός είναι το σύνολο των τροχιακών με τον ίδιο κβαντικό αριθμό n .
- Υποστιβάδα ή υποφλοιός είναι το σύνολο των τροχιακών με τις ίδιες τιμές κβαντικών αριθμών n και ℓ .

• **Μαγνητικός κβαντικός αριθμός (m_ℓ):**

Ο μαγνητικός κβαντικός αριθμός καθορίζει τον προσανατολισμό του ηλεκτρονιακού νέφους (ή τροχιακού) σε σχέση με τους άξονες x, y, z.

Ο m_ℓ παίρνει όλες τις ακέραιες τιμές από $-\ell$ μέχρι ℓ , δηλαδή:

$$m_\ell = -\ell, \dots, 0, \dots, \ell.$$

Σε κάθε τιμή του μαγνητικού κβαντικού αριθμού αντιστοιχεί ένα ατομικό τροχιακό.

Η τιμή του m_ℓ ενός ατομικού τροχιακού δηλώνεται με ένα δείκτη. Στα s ατομικά τροχιακά επειδή $\ell = 0$, δε χρησιμοποιείται δείκτης. Για τα τροχιακά p ($\ell = 1$) χρησιμοποιούνται τα παρακάτω σύμβολα:

Μαγνητικός κβαντικός αριθμός (m_ℓ):	+1	0	-1
p ατομικό τροχιακό:	p_x	p_z	p_y

Το ατομικό τροχιακό καθορίζεται με βάση τους τρεις πρώτους κβαντικούς αριθμούς.

Παράδειγμα:

Αν $n = 1$, $\ell = 0$, $m_\ell = 0$, έχουμε το 1s ατομικό τροχιακό.

Αν $n = 2$, $\ell = 1$, $m_\ell = -1$, έχουμε το $2p_y$ ατομικό τροχιακό.



Παρατήρηση:

Επειδή για κάθε τιμή ℓ του δευτερεύοντος κβαντικού αριθμού αντιστοιχούν $2\ell + 1$ τιμές του μαγνητικού κβαντικού αριθμού m_ℓ συμπεραίνουμε ότι σε κάθε υποστιβάδα αντιστοιχούν $2\ell + 1$ τροχιακά.

π.χ. Υποστιβάδα s: Επειδή $\ell = 0$, έχουμε $2\ell + 1 = 2 \cdot 0 + 1 = 1$ τροχιακό s.

Υποστιβάδα p: Επειδή $\ell = 1$, έχουμε $2\ell + 1 = 2 \cdot 1 + 1 = 3$ τροχιακά p.

Υποστιβάδα d: Επειδή $\ell = 2$, έχουμε $2\ell + 1 = 2 \cdot 2 + 1 = 5$ τροχιακά d.

Παρατήρηση:

Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων σε κάθε τροχιακό είναι 2, τα οποία έχουν αντίθετο spin.

• **Κβαντικός αριθμός του spin (m_s):**

Ο κβαντικός αριθμός του spin καθορίζει την ιδιοπεριστροφή του ηλεκτρονίου (spin).

Ο m_s παίρνει τιμές, $+1/2$ ή $-1/2$ και η τιμή του είναι ανεξάρτητη από τις τιμές των άλλων κβαντικών αριθμών.

Επειδή ο m_s δε συμμετέχει στη διαμόρφωση της ενέργειας του ηλεκτρονίου, δε συμμετέχει και στο καθορισμό του τροχιακού.

• **$m_s = +1/2$ σημαίνει ότι:** Το ηλεκτρόνιο περιστρέφεται αριστερόστροφα και λέμε ότι έχει παράλληλο spin ή spin προς τα πάνω ($\uparrow$).

• **$m_s = -1/2$ σημαίνει ότι:** Το ηλεκτρόνιο περιστρέφεται δεξιόστροφα και λέμε ότι έχει αντιπαράλληλο spin ή spin προς τα κάτω ($\downarrow$).

Το σύνολο των κβαντικών αριθμών (n, ℓ, m_ℓ, m_s) περιγράφει πλήρως την κατάσταση ενός ηλεκτρονίου στο άτομο.

Παράδειγμα:

Αν για ένα ηλεκτρόνιο: $n = 1, \ell = 0, m_\ell = 0, m_s = +1/2$, το ηλεκτρόνιο βρίσκεται στο $1s$ ατομικό τροχιακό και έχει παράλληλο spin ($\uparrow$).

Αν για ένα ηλεκτρόνιο: $n = 2, \ell = 1, m_\ell = -1, m_s = -1/2$, το ηλεκτρόνιο βρίσκεται στο $2p_y$ ατομικό τροχιακό και έχει αντιπαράλληλο spin ($\downarrow$).

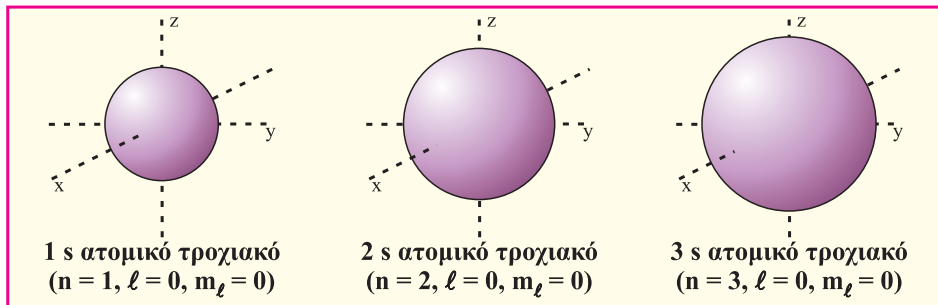
• Γραφική απεικόνιση ατομικών τροχιακών:

Ο συνηθέστερος και ευκολότερος τρόπος απεικόνισης ατομικών τροχιακών (συναρτήσεων ψ^2) είναι με οριακές καμπύλες.

• s ατομικά τροχιακά:

Τα s ατομικά τροχιακά έχουν $\ell = 0$, του οποίου η φυσική σημασία είναι ότι το σχήμα τους είναι σφαιρικό (σφαιρική συμμετρία), δηλαδή η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε ορισμένη απόσταση από τον πυρήνα είναι ανεξάρτητη της κατεύθυνσης.

Το μέγεθος της σφαίρας με την οποία συμβολίζουμε το s ατομικό τροχιακό εξαρτάται από την τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού. Πιο συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του n , τόσο μεγαλύτερη είναι και η ακτίνα της σφαίρας.

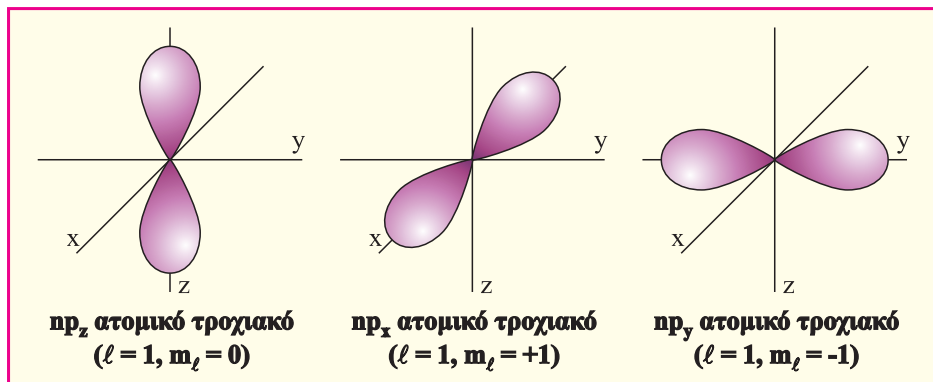


• p ατομικά τροχιακά:

Τα p ατομικά τροχιακά ($\ell = 1$), έχουν σχήμα διπλού λοβού. Ο προσανατολισμός του λοβού εξαρτάται από την τιμή του μαγνητικού κβαντικού αριθμού m_ℓ , ενώ το μέγεθος του από την τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού n .

Παρατήρηση:

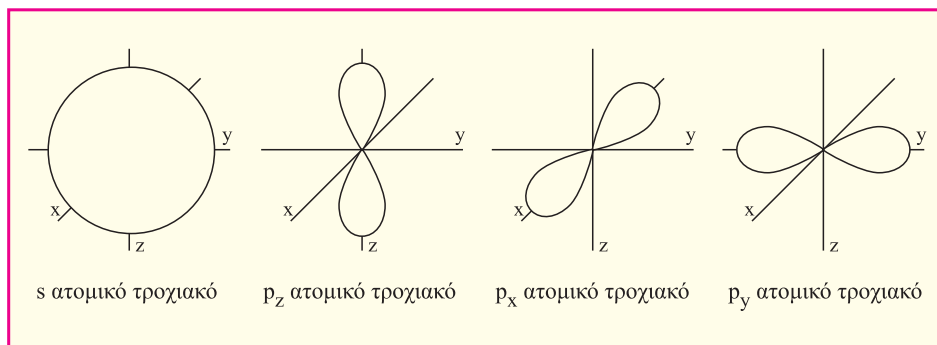
Στα s ατομικά τροχιακά υπάρχει πιθανότητα το ηλεκτρόνιο να βρίσκεται πολύ κοντά στον πυρήνα, ενώ αντίθετα στα p ατομικά τροχιακά η πιθανότητα αυτή είναι ελάχιστη.



Στα p ατομικά τροχιακά η πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους για ορισμένη απόσταση από τον πυρήνα εξαρτάται από την κατεύθυνση, σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στα s ατομικά τροχιακά.

Η απεικόνιση των υπολοίπων ατομικών τροχιακών είναι αρκετά πολύπλοκη και δε θα εξεταστεί στο βιβλίο αυτό.

Επειδή ο σχεδιασμός των ατομικών τροχιακών, όταν θέλουμε να τα απεικονίσουμε με τις τρεις διαστάσεις τους, είναι δύσκολος, συνήθως τα σχεδιάζουμε με απλές οριακές γραμμές στις δύο διαστάσεις, όπως φαίνεται παρακάτω:



Συνοπτικά, τα χαρακτηριστικά των τεσσάρων κβαντικών αριθμών περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ: Οι κβαντικοί αριθμοί και τα βασικά χαρακτηριστικά τους

Σύμβολο	Όνομα	Τιμές	Χαρακτηριστικά
n	Κύριος κβαντικός αριθμός	1, 2, 3,...	Καθορίζει κατά κύριο λόγο την ενέργεια του ηλεκτρονίου και σχετίζεται με το μέγεθος του ηλεκτρονιακού νέφους (τροχιακού). Είναι ενδεικτικός της έλξης πυρήνα-ηλεκτρονίου . Προσδιορίζει τη στιβάδα (φλοιό) του ηλεκτρονίου.
l	Δευτερεύων ή αζιμουθιακός	0, 1, 2, ..., $n-1$	Σχετίζεται με το σχήμα του ηλεκτρονιακού νέφους (στα πολυηλεκτρονιακά άτομα και με την ενέργεια του ηλεκτρονίου). Είναι ενδεικτικός της άπωσης μεταξύ των ηλεκτρονίων . Προσδιορίζει την υποστιβάδα (υποφλοιό) του ηλεκτρονίου για δεδομένο n .
m_l	μαγνητικός κβαντικός αριθμός	$-l, \dots, 0, \dots, +l$	Σχετίζεται με τον προσανατολισμό του ηλεκτρονιακού νέφους. Προσδιορίζει το τροχιακό του ηλεκτρονίου για δεδομένα n, l .
m_s	κβαντικός αριθμός spin	$\pm 1/2$	Σχετίζεται με την ιδιοπεριστροφή του ηλεκτρονίου (spin).

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΒΑΝΤΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ - ΑΤΟΜΙΚΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ BOHR

ΚΟΙΝΑ ΣΗΜΕΙΑ

- Το άτομο αποτελείται από το θετικά φορτισμένο πυρήνα και τα ηλεκτρόνια
- Η ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι κβαντισμένη
- Οι τροχιές (Bohr) και τα τροχιακά (κβαντομηχανική) περιγράφουν ενεργειακές καταστάσεις και υπάρχουν δυνητικά (δηλαδή και χωρίς ηλεκτρόνια)

ΔΙΑΦΟΡΕΣ

Κίνηση ηλεκτρονίου σε καθορισμένες κυκλικές τροχιές. Δυνατός ο ακριβής ταυτόχρονος προσδιορισμός θέσης και ταχύτητας ηλεκτρονίου (Νόμοι κυκλικής κίνησης).	Αντικατασταση της τροχιάς από το τροχιακό. Αβεβαιότητα στη θέση – ορμή του ηλεκτρονίου. Υπολογισμός της πιθανότητας εύρεσης του ηλεκτρονίου σε ορισμένο χώρο.
Αυθαίρετη εισαγωγή του n	n, l, m_l : προκύπτουν κατά την επίλυση της εξίσωσης Schrödinger

BOHR

ΚΒΑΝΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

A) Το ατομικό πρότυπο του Bohr

Εφαρμογές

1. Το άτομο του υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση.
 - α) Πόση ενέργεια πρέπει να απορροφήσει για τη μετάβαση του ηλεκτρονίου στη 2η διεγερμένη κατάσταση;
 - β) Πόσα διαφορετικά φωτόνια μπορούν να εκπεμφθούν κατά την αποδιέγερση του ατόμου και ποια σχέση έχουν οι συχνότητές τους;

2. Ποια είναι η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για τον ιοντισμό:
 - α) ενός ατόμου υδρογόνου που είναι στη θεμελιώδη κατάσταση;
 - β) ενός mol ατόμων υδρογόνου που είναι στη θεμελιώδη κατάσταση;
 - γ) ενός ατόμου υδρογόνου που είναι σε διεγερμένη κατάσταση;

3. Να υπολογίσετε τη συχνότητα και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται κατά τη μετάπτωση του ηλεκτρονίου από την τροχιά με $n=4$ στην τροχιά με $n=2$ στο άτομο του υδρογόνου.
Δίνονται: $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

4. Το άτομο του υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση.
 - α) Ποιο είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που πρέπει να απορροφήσει ώστε να μεταβεί στη 2η διεγερμένη κατάσταση;
 - β) Πόσα φωτόνια πρέπει να έχει η ακτινοβολία, ώστε να διεγερθούν όλα τα άτομα που περιέχονται σε 0,4 g υδρογόνου και να μεταβούν στη 2η διεγερμένη κατάσταση;
Δίνονται: $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $A_r(\text{H})=1$, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Β) Η κβαντομηχανική εικόνα του ατόμου-Τροχιακά-Κβαντικοί αριθμοί

Εφαρμογές

1. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος De Broglie:

α) ενός ηλεκτρονίου που κινείται με ταχύτητα $6 \cdot 10^6$ m/s

β) μιας μπάλας μάζας 100 g που κινείται με ταχύτητα 20 m/s.

Δίνονται: $m_e = 9 \cdot 10^{-31}$ kg, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js.

2. Τα επόμενα σωματίδια κινούνται με την ίδια ταχύτητα. Να συγκρίνετε το μήκος κύματος και τη συχνότητα των αντίστοιχων κυμάτων De Broglie.

α) ηλεκτρόνιο β) νετρόνιο γ) πυρήνας He (He^{2+} ή σωματίο α)

Για το ήλιο (He): $Z=2$, $A=4$.

3. Ποιες από τις παρακάτω τετράδες κβαντικών αριθμών (n , l , m_l , m_s) που περιγράφουν ηλεκτρόνια είναι επιτρεπτές και ποιες όχι;

α) (3, 1, -1, $+\frac{1}{2}$) β) (2, 0, +1, $+\frac{1}{2}$) γ) (2, 2, +1, $-\frac{1}{2}$)

δ) (3, 2, -2, $-\frac{1}{2}$) ε) (4, 3, +3, $+\frac{1}{2}$) στ) (5, 2, +1, 0)

4. Να γράψετε τους κβαντικούς αριθμούς που περιγράφουν:

α) την υποστιβάδα 2p, β) το τροχιακό 5p_x γ) τα τροχιακά της υποστιβάδας 4f

δ) ένα τροχιακό της υποστιβάδας 3d, ε) τα ηλεκτρόνια που ανήκουν στο τροχιακό 2s,

στ) κάθε ηλεκτρόνιο που ανήκει σε ένα τροχιακό 3p.

5. Να υπολογίσετε τον αριθμό των τροχιακών ενός ατόμου που καθορίζονται από τα επόμενα σύνολα κβαντικών αριθμών:

α) $n=3$ και $m_l=0$

β) $n=4$ και $m_l=-2$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

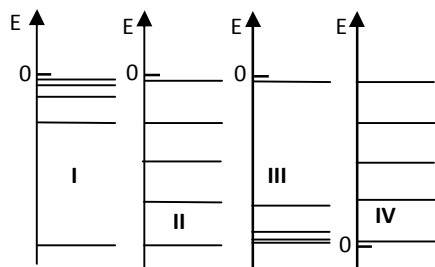
Σε όποιες από τις παρακάτω ασκήσεις και προβλήματα απαιτείται, να θεωρήσετε: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, και $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

14.1. Το γραμμικό φάσμα εκπομπής του H επιβεβαιώνει:

- A) την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg
 B) το ότι οι ενέργειες των στιβάδων του ατόμου του υδρογόνου είναι κβαντισμένες
 Γ) την υλοκυματική θεωρία του de Broglie
 Δ) την κυματική φύση του φωτός

14.2. Ποιο από τα παρακάτω ενεργειακά διαγράμματα I-IV αποδίδει καλύτερα τις 5 πρώτες δυνατές ενεργειακές καταστάσεις του ηλεκτρονίου του ατόμου του H;



- A) Το I B) Το II Γ) Το III Δ) Το IV

14.3. Κατά τις μεταπτώσεις του ηλεκτρονίου από τις τροχιές με $n > 2$ στην τροχιά με $n = 2$ εκπέμπεται ακτινοβολία στην ορατή περιοχή του φάσματος (400 - 700 nm). Το γραμμικό φάσμα εκπομπής του υδρογόνου στην ορατή περιοχή έχει 4 μόνο φασματικές γραμμές:

Μετάπτωση	Ακτινοβολία
$6 \rightarrow 2$	ιώδης
$5 \rightarrow 2$	μπλε
$4 \rightarrow 2$	πράσινη
$3 \rightarrow 2$	κόκκινη

Για τα μήκη κυμάτων των ακτινοβολιών αυτών θα ισχύει:

- A) Η ιώδης ακτινοβολία έχει το μικρότερο μήκος κύματος
 B) Η πράσινη ακτινοβολία έχει μεγαλύτερη συχνότητα από την μπλε
 Γ) Η ιώδης ακτινοβολία έχει τη μικρότερη συχνότητα
 Δ) Η κόκκινη ακτινοβολία έχει μικρότερο μήκος κύματος από την πράσινη

14.4. Ποια από τις ακόλουθες μεταπτώσεις του ηλεκτρονίου στο άτομο του H συνοδεύεται από εκπομπή φωτονίου μικρότερου μήκους κύματος λ ;

- A) $O \rightarrow L$ B) $N \rightarrow K$ Γ) $O \rightarrow K$ Δ) $P \rightarrow L$

14.5. Στο άτομο του H κατά τη μετάπτωση του ηλεκτρονίου από την M στην K εκπέμπεται ακτινοβολία συχνότητας ν_1 και μήκους κύματος λ_1 , από την M στην L εκπέμπεται ακτινοβολία με ν_2 και λ_2 , ενώ από την L στην K εκπέμπεται ακτινοβολία με ν_3 και λ_3 . Ισχύει η σχέση:

- A) $\nu_1 = \nu_2 + \nu_3$ B) $\nu_1 > \nu_2 + \nu_3$ Γ) $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$

$$\Delta) \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}$$

14.6. Ένα πρωτόνιο κινείται με τετραπλάσια ταχύτητα από ένα σωματίδιο α (${}^4_2\text{He}^{2+}$). Αν για τη μάζα του σωματιδίου α (m_α) και τη μάζα του πρωτονίου (m_p) ισχύει η σχέση: $m_\alpha = 4m_p$, ποια θα είναι η σχέση των αντιστοίχων μηκών κύματος λ_α και λ_p , σύμφωνα με την κυματική θεωρία της ύλης;

- A) $\lambda_\alpha = \lambda_p$ B) $\lambda_p = 4 \cdot \lambda_\alpha$ Γ) $\lambda_\alpha = 4 \cdot \lambda_p$ Δ) $\lambda_\alpha \cdot \lambda_p = 4$

14.7. Ποια από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι λανθασμένη; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

- A) Σύμφωνα με το ατομικό πρότυπο του Bohr το ηλεκτρόνιο του ατόμου του H στη θεμελιώδη του κατάσταση εκτελεί κυκλική κίνηση ορισμένης ακτίνας και ενέργειας
 B) Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του H μπορεί να βρεθεί και στη στιβάδα L
 Γ) Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του H στη θεμελιώδη του κατάσταση έχει $E = 0$
 Δ) Αν στο άτομο του H το ηλεκτρόνιο εκτελέσει τις μεταπτώσεις $M \rightarrow L$ και μετά $L \rightarrow K$ το μήκος κύματος της ακτινοβολίας κατά την 1η μετάπτωση θα είναι μεγαλύτερο από το μήκος κύματος της 2ης μετάπτωσης

14.8. Να εξετάσετε αν οι προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή όχι. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας στην περίπτωση των λανθασμένων προτάσεων.

- A) Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία, η ενέργεια μιας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας συχνότητας ν δίνεται από τη σχέση: $E = h \cdot \nu$.
 B) Το μήκος κύματος λ κατά de Broglie ενός κινούμενου ηλεκτρονίου αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητάς του.
 Γ) Στο άτομο του H η ενέργεια του ηλεκτρονίου μεγαλώνει όσο μεγαλώνει η τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού (n).
 Δ) Στο ατομικό πρότυπο του Bohr για το άτομο του υδρογόνου η ενέργεια της στιβάδας L είναι μικρότερη από την ενέργεια της στιβάδας K.
 Ε) Κατά τη μετάπτωση $M \rightarrow K$ του ηλεκτρονίου ενός ατόμου H εκπέμπεται ακτινοβολία μικρότερου μήκους κύματος σε σχέση με τη μετάπτωση $M \rightarrow L$.
 ΣΤ) Αν ένα κινούμενο ηλεκτρόνιο και ένα κινούμενο πρωτόνιο εμφανίζουν το ίδιο μήκος κύματος κατά de Broglie θα διαθέτουν και την ίδια ταχύτητα.

14.9. Κατά τις μεταπτώσεις $M \rightarrow K$, $N \rightarrow M$, $M \rightarrow L$, $L \rightarrow K$, $N \rightarrow K$ του ηλεκτρονίου στο άτομο του H εκπέμπονται ακτινοβολίες με συχνότητες $\nu_1 = \alpha$, $\nu_2 = \beta$, $\nu_3 = \gamma$, $\nu_4 = \delta$, $\nu_5 = \epsilon$ Hz, αντίστοιχα και μήκη κύματος $\lambda_1 = \phi$, $\lambda_2 = \chi$, $\lambda_3 = \psi$, $\lambda_4 = \omega$, $\lambda_5 = z$ nm, αντίστοιχα.

α) Να διατάξετε τους αριθμούς α , β , γ , δ και ϵ κατ' αύξουσα σειρά.

β) Να διατάξετε τους αριθμούς ϕ , χ , ψ , ω και z κατ' αύξουσα σειρά.

14.10. Κατά τη μετάπτωση του ηλεκτρονίου ατόμου του H από τη στιβάδα με κύριο κβαντικό αριθμό n στην αμέσως προηγούμενη της στιβάδα εκπέμπεται ακτινοβολία συχνότητας ν και μήκους κύματος λ . Να εξετάσετε πως μεταβάλλονται τα μεγέθη ν και λ , όταν αυξάνεται η τιμή του n .

14.11. Το ηλεκτρόνιο ατόμου H μεταπίπτει διαδοχικά από τη στιβάδα M στην L και μετά στην K, οπότε εκπέμπονται δύο φωτόνια με μήκη κύματος λ_1 και λ_2 , αντίστοιχα.

- α) Σε ποια από τις δύο μεταπτώσεις του ηλεκτρονίου εκπέμπεται φωτόνιο μεγαλύτερης συχνότητας;
β) Ποια η τιμή του λόγου λ_1/λ_2 των μηκών κύματος λ_1 και λ_2 των φωτονίων που παράγονται κατά την πρώτη και τη δεύτερη μετάπτωση;

14.12. Το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου H βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση.

- α) Ποια ελάχιστη ενέργεια απαιτείται ώστε το ηλεκτρόνιο να διαφύγει από την έλξη του πυρήνα;
β) Ποια η τιμή της αντίστοιχης ενέργειας για 1 mol ατόμων H;

γ) Αν το ηλεκτρόνιο ήταν στη στιβάδα L ποια η ελάχιστη ενέργεια που θα χρειαζόταν, ώστε το ηλεκτρόνιο να διαφύγει από την έλξη του πυρήνα;

Αριθμός Avogadro: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$.

14.13. α) Ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο δίνουν το ίδιο μήκος κύματος κατά de Broglie. Να εξηγήσετε ποιο σωματίδιο κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα.

β) Ένα ηλεκτρόνιο (e) και ένα πρωτόνιο (p) έχουν την ίδια κινητική ενέργεια (K) και μάζες αντίστοιχα m και $1836 \cdot m$. Να προσδιορίσετε τη σχέση των μηκών κύματος λ_e και λ_p , σύμφωνα με τη θεωρία του de Broglie.

14.14. Να εξηγήσετε την ισχύ των προτάσεων που ακολουθούν.

- α) Η συχνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αποτελεί το μέτρο της ενέργειας των φωτονίων της.
β) Η αποδοχή της αρχής της αβεβαιότητας οδηγεί αυτομάτως στην κατάρριψη όλων των πλανητικών προτύπων, συμπεριλαμβανομένου και του ατομικού πρότυπου Bohr.
γ) Κατά την αποδιέγερση του ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου που βρίσκεται αρχικά στη στιβάδα M μπορούν να προκύψουν 3 φωτόνια με διαφορετικά μήκη κύματος.

14.15. Το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου H βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση. Το ηλεκτρόνιο απορροφά φωτόνιο κατάλληλης συχνότητας, οπότε η ενέργειά του έχει τιμή:

$$E = -\frac{2,18 \cdot 10^{-18}}{16} \text{ (J)}$$

Στη συνέχεια εκπέμπει φωτόνιο και η ενέργειά του γίνεται:

$$E' = -\frac{2,18 \cdot 10^{-18}}{4} \text{ (J)}$$

Από εκεί επιστρέφει πάλι στη θεμελιώδη κατάσταση.

- α) Σε ποιες στιβάδες βρέθηκε το ηλεκτρόνιο;
β) Σε πόσες γραμμές του φάσματος εκπομπής του ατόμου του H αντιστοιχούν οι παραπάνω μεταπτώσεις; Ποια ή

ποιες από τις γραμμές αυτές αντιστοιχούν στην ορατή περιοχή (μεταπτώσεις από ανώτερες στιβάδες στη στιβάδα L).

14.16. Θεωρούμε ότι σε 1000 άτομα H και τα 1000 ηλεκτρόνια τους βρίσκονται στη στιβάδα M. Κατά την αποδιέγερση των ατόμων αυτών εκπέμπονται συνολικά 1600 φωτόνια με 3 μήκη κύματος λ_1 , λ_2 και λ_3 ($\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$). Να προσδιοριστεί ο αριθμός των φωτονίων με μήκος κύματος λ_1 καθώς και οι αριθμοί των φωτονίων με μήκη κύματος λ_2 και λ_3 .

14.17. Η σειρά Balmer στο φάσμα εκπομπής του ατόμου του H αντιστοιχεί σε μεταπτώσεις από στιβάδες με $n > 2$ στη στιβάδα L.

- α) Ποια μετάπτωση δίνει το μεγαλύτερο μήκος κύματος στη σειρά Balmer; Υπολογίστε αυτό το μήκος κύματος σε nm.
β) Ποια η συχνότητα σε Hz της ακτινοβολίας για $n = 5$;
γ) Ποιο το μήκος κύματος της ακτινοβολίας για $n = 7$;
δ) Ποια η τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού n που αντιστοιχεί στο μήκος κύματος των 380 nm;
ε) Ποια ηλεκτρονική μετάπτωση αντιστοιχεί στη σύγκλιση των γραμμών της σειράς;

14.18. Η χλωροφύλλη β είναι πολύπλοκο οργανικό μόριο που λαμβάνει μέρος στη φωτοσύνθεση. Κατά τη διαδικασία αυτή η χλωροφύλλη β διεγείρεται με απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας μήκους κύματος λ_1 και στη συνέχεια αποδιέγεται εκπέμποντας ακτινοβολία μήκους κύματος λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$). Να δείξετε ότι κατά τη συνολική διαδικασία απορρόφησης - εκπομπής 1 mol φωτονίων απαιτείται ενέργεια E, που δίνεται από τη σχέση:

$$E = N_A \cdot h \cdot c \cdot \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

όπου N_A ο αριθμός του Avogadro.

ΚΒΑΝΤΙΚΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ ΚΑΙ ΤΡΟΧΙΑΚΑ

14.19. Τι πρωτοποριακό εισηγάγε ο Schrödinger για το ατομικό πρότυπο;

- A) Τις ηλεκτρονικές στιβάδες
B) Την πιθανότητα παρουσίας του ηλεκτρονίου
Γ) Την εκπομπή ή απορρόφηση φωτονίων
Δ) Το ότι η ενέργεια των ηλεκτρονίων είναι κβαντισμένη

14.20. Ποιος κβαντικός αριθμός συμβολίζεται με τα γράμματα s, p, d, f, αντί με αριθμούς;

- A) Ο κύριος κβαντικός αριθμός
B) Ο μαγνητικός κβαντικός αριθμός
Γ) Ο δευτερεύοντας ή αζιμουθιακός κβαντικός αριθμός
Δ) Ο μαγνητικός κβαντικός αριθμός του spin

14.21. i. Για $n = 3$, ο αριθμός ℓ μπορεί να πάρει τις τιμές:

- A) 0, 1, 2, 3 B) 0, 1, 2 Γ) 1, 2 Δ) 1, 2, 3

ii. Η υποστιβάδα που αντιστοιχεί στους κβαντικούς αριθμούς $n = 3$, $\ell = 2$ είναι η:

- A) 3d B) 3f Γ) 3p_x Δ) 3s

14.22. Ένα ατομικό τροχιακό με $n = 3$ και $m_\ell = 0$ θα έχει:
 Α) $\ell = 0$, 1 ή 2 Β) $\ell = 1$ Γ) $\ell = 2$ Δ) $m_s = +1/2$

14.23. Ο μαγνητικός κβαντικός αριθμός m_ℓ παίρνει τις τιμές:
 Α) 0, ± 1 , ± 2 , ..., $\pm \ell$
 Β) 0, ± 1 , ± 2 , ..., $\pm n$
 Γ) 0, ± 1 , ± 2 , ..., $\pm(\ell - 1)$
 Δ) 0, ± 1 , ± 2 , ..., $\pm(n - 1)$

14.24. Με τον όρο «ηλεκτρονιακό νέφος» εννοούμε:
 Α) ένα χώρο στον οποίο μπορεί να βρεθούν ηλεκτρόνια
 Β) ένα πλήθος ηλεκτρονίων που κινούνται σε ένα χώρο
 Γ) το σύνολο των σημείων ενός χώρου στα οποία μπορεί να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο και για τα οποία η πυκνότητά τους αντιπροσωπεύει την πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου
 Δ) το χώρο που καταλαμβάνει ένα άτομο

14.25. Ο αριθμός των p τροχιακών σε δοσμένη ενεργειακή στιβάδα είναι ίσος με:
 Α) 2 Β) 3 Γ) 5 Δ) 7

14.26. Το πλήθος των ατομικών τροχιακών που περιέχονται στις στιβάδες K και L είναι, αντίστοιχα:
 Α) 1 και 2 Β) 1 και 4 Γ) 2 και 8 Δ) 1 και 3

14.27. Τα τροχιακά $2s$ και $3s$ διαφέρουν:
 Α) κατά το μέγεθός τους
 Β) κατά το σχήμα τους
 Γ) κατά τον προσανατολισμό τους
 Δ) σε όλα τα παραπάνω

14.28. Τα ατομικά τροχιακά $3s$ και $3p$ στο άτομο του H:
 Α) έχουν την ίδια ενέργεια
 Β) έχουν ίδιο σχήμα
 Γ) έχουν ίδιο προσανατολισμό
 Δ) διαφέρουν σε όλα τα παραπάνω

14.29. Σε κάποιο ατομικό τροχιακό η τιμή του κβαντικού αριθμού ℓ αντιστοιχεί:
 Α) στον αριθμό των ηλεκτρονίων που περιέχονται στο ατομικό τροχιακό
 Β) στο σχήμα του ατομικού τροχιακού
 Γ) στο μέγεθος του τροχιακού
 Δ) στον προσανατολισμό του στο χώρο

14.30. Ένα τροχιακό s αντιστοιχεί σε:
 Α) $\ell = 0$ με $n = 1$ Β) $\ell = 0$ με $n \geq 1$ Γ) $\ell = 1$ Δ) $m_\ell = 1$

14.31. Ο συνδυασμός $n = 2$, $\ell = 1$, $m_\ell = 0$ χαρακτηρίζει:
 Α) μία στιβάδα
 Β) μία υποστιβάδα
 Γ) ένα ατομικό τροχιακό
 Δ) ένα ηλεκτρόνιο

14.32. Ποιες από τις υποστιβάδες που ακολουθούν έχει $\ell = 2$;
 Α) $2s$ Β) $5p$ Γ) $4f$ Δ) $5d$

14.33. Ο αριθμός των τροχιακών σε μία υποστιβάδα f είναι:
 Α) 4 Β) 5 Γ) 7 Δ) 10

14.34. Ο ολικός αριθμός τροχιακών για συγκεκριμένες τιμές των n και ℓ είναι:
 Α) $2n^2$ Β) $2\ell + 1$ Γ) $2\ell - 1$ Δ) $n - 1$

14.35. Ποιο από τα παρακάτω σύνολα κβαντικών αριθμών μπορεί να καθορίζει το τροχιακό $4p_x$;
 Α) $n = 4$, $\ell = 2$, $m_\ell = 0$
 Β) $n = 4$, $\ell = 1$, $m_\ell = 1$
 Γ) $n = 2$, $\ell = 1$, $m_\ell = -1$
 Δ) $n = 3$, $\ell = 0$, $m_\ell = 0$ [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

14.36. Σε ποια μετάπτωση του ηλεκτρονίου του ατόμου του H εκπέμπεται φωτόνιο μικρότερου μήκους κύματος;
 Α) $1s \rightarrow 2p$ Β) $3s \rightarrow 2s$ Γ) $2p \rightarrow 1s$ Δ) $2s \rightarrow 3s$

14.37. Αν η επίλυση της εξίσωσης Schrödinger για ένα ηλεκτρόνιο έχει τιμή $\psi = -0,1$ σε μία θέση A και $\psi = 0,3$ σε μία θέση B, τότε η πιθανότητα να βρίσκεται το ηλεκτρόνιο στη θέση A είναι:
 Α) τριπλάσια από ότι στη θέση B
 Β) υποτριπλάσια από ότι στη θέση B
 Γ) εξαπλάσια από ότι στη θέση B
 Δ) υποεννεαπλάσια από ότι στη θέση B

14.38. Να εξηγήσετε αν οι προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή όχι.
 Α) Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του H βρίσκεται πάντα στην κατάσταση που ορίζεται ως $1s$ ατομικό τροχιακό.
 Β) Το άτομο του ${}_1\text{H}$ έχει ένα μόνο ηλεκτρόνιο και άρα για το άτομο αυτό υπάρχει μόνο το $1s$ τροχιακό.
 Γ) Ο κβαντικός αριθμός του spin δεν συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής της ενέργειας του ηλεκτρονίου, ούτε στον καθορισμό του τροχιακού.
 Δ) Στις τιμές $n = 3$ και $\ell = 0$ αντιστοιχεί ένα μόνο ατομικό τροχιακό.
 Ε) Δεν είναι ποτέ δυνατό το μοναδικό ηλεκτρόνιο του ατόμου του H να βρεθεί σε τροχιακό $2s$ ή $2p$.
 ΣΤ) Η υποστιβάδα $3d$ διαθέτει περισσότερα τροχιακά από την $5s$.
 Ζ) Στο άτομο του H οι ενέργειες των υποστιβάδων $3s$, $3p$ και $3d$ είναι ίσες.
 Η) Στο ιόν ${}_3\text{Li}^{2+}$ το ηλεκτρόνιο σε τροχιακό με $n = 2$ και $\ell = 0$ έχει μικρότερη ενέργεια από ότι σε τροχιακό με $n = 2$ και $\ell = 1$.
 Θ) Ο κύριος κβαντικός αριθμός (n) καθορίζει το σχήμα του τροχιακού.
 Ι) Ο δευτερεύοντας ή αξιμουθιακός κβαντικός αριθμός ℓ παίρνει τιμές: $-n, \dots, 0, \dots, n$.
 Κ) Στο τροχιακό p_x η πιθανότητα παρουσίας του ηλεκτρονίου είναι μέγιστη στα σημεία του άξονα x .
 Λ) Στο τροχιακό p_z η πιθανότητα παρουσίας του ηλεκτρονίου στο επίπεδο xy είναι ίση με το μηδέν.
 Μ) Όλα τα τροχιακά της ίδιας στιβάδας έχουν το ίδιο σχήμα.

Ν) Ο προσανατολισμός ενός τροχιακού $3p$ καθορίζεται αποκλειστικά από τον μαγνητικό κβαντικό αριθμό του $spin$.

Ξ) Για ένα ηλεκτρόνιο σε s τροχιακό η τιμή του ψ^2 είναι η ίδια για όλα τα σημεία που ισαπέχουν από τον πυρήνα.

14.39. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές για ένα ηλεκτρόνιο με $n = 4$ και $m_l = -2$;

- Α) Το ηλεκτρόνιο είναι στην στιβάδα N .
- Β) Το ηλεκτρόνιο μπορεί να είναι σε d τροχιακό.
- Γ) Το ηλεκτρόνιο είναι σε p τροχιακό.
- Δ) Το ηλεκτρόνιο πρέπει να έχει $m_s = +1/2$.

14.40. Ποια χαρακτηριστικά ενός τροχιακού σχετίζονται με καθέναν από τους τρεις κβαντικούς αριθμούς n , l και m_l ;

- 1.41.** α) Ποιες οι ομοιότητες και οι διαφορές των τριών τροχιακών $2p$ σ' ένα άτομο H ;
 β) Ποιες οι ομοιότητες και οι διαφορές του τροχιακού $2s$ σε ένα το άτομο H και σε ένα ιόν Li^{2+} ;

14.42. Σύμφωνα με το πρότυπο του Bohr για το άτομο του H στη θεμελιώδη του κατάσταση, το ηλεκτρόνιο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση σε τροχιά ακτίνας $r = 5,3 \cdot 10^{-9}$ cm. Είναι αυτό σωστό και στην κβαντομηχανική εικόνα του ατόμου του H ; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

14.43. Για $n = 5$, ποιες είναι οι δυνατές τιμές, α) του l , β) του m_l , γ) του m_s ;

14.44. Ένα τροχιακό διαθέτει $m_l = 3$. Ποια η μικρότερη δυνατή τιμή για τον κύριο κβαντικό αριθμό n ; Εξηγήστε.

14.45. Ποιες οι δυνατές τιμές του κβαντικού αριθμού που λείπει σε κάθε περίπτωση;

- α) $n = 3$, $l = \dots$, $m_l = 2$, $m_s = +1/2$
- β) $n > \dots$, $l = 2$, $m_l = -1$, $m_s = -1/2$
- γ) $n = 4$, $l = 2$, $m_l = 0$, $m_s = \dots$
- δ) $n \geq \dots$, $l = 0$, $m_l = \dots$, $m_s = \dots$

1.46. Να δώσετε τις δυνατές τιμές των κβαντικών αριθμών n , l και m_l :

- α) Για κάθε τροχιακό στην υποστιβάδα $4d$,
- β) Για κάθε τροχιακό στη στιβάδα με $n = 3$ και
- γ) Για κάθε τροχιακό στην υποστιβάδα $4f$.

14.47. Να σχολιάσετε την παράγραφο που ακολουθεί.
 «Είναι εύκολο να απεικονίσουμε ένα ηλεκτρόνιο ως να εκτείνεται για να σχηματίσει ένα νέφος. Θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε αυτό το νέφος σαν ένα είδος θολής φωτογραφίας του ταχέως κινούμενου ηλεκτρονίου. Το σχήμα του νέφους είναι το σχήμα του τροχιακού. Το νέφος δεν είναι ομοιόμορφο, αλλά είναι πυκνότερο σ' εκείνες τις περιοχές που η πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο είναι μεγαλύτερη, δηλαδή όπου το μέσο αρνητικό φορτίο ή η ηλεκτρονιακή πυκνότητα είναι μεγαλύτερη.»

(Morrison και Boyd, Οργανική Χημεία, τόμος 1).

14.48. Στην εικόνα που ακολουθεί «συνυπάρχουν» μια νεαρή και μία ηλικιωμένη γυναίκα. Ποια θεωρία που βοήθησε στη θεμελίωση της κβαντομηχανικής περιγραφής των ατόμων θυμίζει η εικόνα αυτή; Να αναφέρετε τα βασικά σημεία της θεωρίας καθώς και μία σημαντική εφαρμογή της.



14.49. Να θεωρήσετε την ενεργειακή στιβάδα O στο άτομο του H .

- α) Ποια η τιμή του n και ποιες οι δυνατές τιμές του l ;
- β) Πως συμβολίζεται η υποστιβάδα με $l = 2$; Πόσα τροχιακά διαθέτει;
- γ) Ποιες οι δυνατές τιμές για τον m_l για την παραπάνω υποστιβάδα;
- δ) Πόσα από τα τροχιακά της στιβάδας O διαθέτουν $m_l = 1$;

14.50. Άτομο H βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση και απορροφά φωτόνιο συχνότητας ν_1 (μήκους κύματος λ_1), οπότε το ηλεκτρόνιο του αποκτά ενέργεια:

$$E = -\frac{2,18 \cdot 10^{-18}}{9} \text{ (J)}$$

- α) Ποιος ο κύριος κβαντικός αριθμός της στιβάδας διέγερσης;
- β) Ποια η τιμή της συχνότητας ν_1 ;
- γ) Ποιες οι δυνατές τιμές των άλλων κβαντικών αριθμών του ηλεκτρονίου στην παραπάνω διεγερμένη κατάσταση;
- δ) Στη συνέχεια το ηλεκτρόνιο μεταπίπτει στη στιβάδα L με σύγχρονη εκπομπή φωτονίου μήκους κύματος λ_2 . Να συγκρίνετε τα λ_1 και λ_2 .
- ε) Ποια η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για να βρεθεί το ηλεκτρόνιο από τη στιβάδα L εκτός του ατόμου;

ΦΥΛΛΑΔΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 14

Στις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής 1 - 15 να σημειώσετε απλά τη σωστή απάντηση. ($4 \times 15 = 60$ μονάδες)

1. Πόσες φασματικές γραμμές στο φάσμα εκπομπής του H αντιστοιχούν σε όλες τις πιθανές ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις των πέντε πρώτων ενεργειακών στιβάδων του;
Α) 4 Β) 5 Γ) 8 Δ) 10



2. Η μάζα του πρωτονίου (m_p) είναι 1836 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα του ηλεκτρονίου (m_e). Αν τα δύο αυτά σωματίδια κινούνται με την ίδια ταχύτητα, ποια είναι η σχέση των αντιστοίχων μηκών κύματος λ_p και λ_e , σύμφωνα με την κυματική θεωρία της ύλης του de Broglie;
Α) $\lambda_e = 1836 \cdot \lambda_p$ Β) $\lambda_e = \lambda_p / 1836$
Γ) $\lambda_e = \lambda_p$ Δ) $\lambda_e \cdot \lambda_p = 1836$ [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

3. Ποιος από τους επιστήμονες που ακολουθούν θεώρησε πρώτος ότι ένα κινούμενο ηλεκτρόνιο εμφανίζει και κυματική συμπεριφορά;
Α) Schrödinger Β) Heisenberg
Γ) Bohr Δ) De Broglie

4. Ο κύριος κβαντικός αριθμός καθορίζει:
Α) το σχήμα του ηλεκτρονιακού νέφους
Β) την ιδιοπεριστροφή του ηλεκτρονίου
Γ) τον προσανατολισμό του ηλεκτρονιακού νέφους
Δ) το μέγεθος του ηλεκτρονιακού νέφους
[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2016]

5. Αν για ένα τροχιακό $m_l = 1$, τότε ο ℓ δεν μπορεί να πάρει την τιμή:
Α) 0 Β) 1 Γ) 0 ή 1 Δ) 2

6. Πόσα ατομικά τροχιακά αντιστοιχούν σε μια ενεργειακή στιβάδα με κύριο κβαντικό αριθμό n ;
Α) n^2 Β) $2\ell - 1$ Γ) n Δ) $2n + 1$ Ε) $2n$

7. Ο μαγνητικός κβαντικός αριθμός m_l ενός ηλεκτρονίου σε τροχιακό 4f μπορεί:
Α) να πάρει οποιαδήποτε ακέραια τιμή μεταξύ -3 και +3
Β) να είναι ίσος με 4
Γ) να πάρει τις τιμές +1/2 ή -1/2
Δ) να πάρει οποιαδήποτε ακέραια τιμή μεταξύ 0 και 4

8. Το πλήθος των ατομικών τροχιακών στις στιβάδες L και M είναι αντίστοιχα:
Α) 4 και 9 Β) 4 και 10 Γ) 8 και 18 Δ) 4 και 8
[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

9. Ποια από τις παρακάτω τετράδες κβαντικών αριθμών (n, ℓ, m_ℓ, m_s) δεν είναι επιτρεπτή για ένα ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο;
Α) (4, 2, 2, +1/2) Β) (4, 1, 0, -1/2)
Γ) (4, 2, 3, +1/2) Δ) (4, 3, 2, -1/2) [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

10. Ποιος τύπος ατομικού τροχιακού αντιστοιχεί στην τριάδα $n = 3, \ell = 0$ και $m_\ell = 0$;
Α) $3p_x$ Β) $3p_y$ Γ) $3s$ Δ) $3p_z$ [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

11. Ποιο από τα παρακάτω τροχιακά δεν μπορεί να υπάρξει;
Α) 5s Β) 3p Γ) 4f Δ) 2d [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

12. Ο ελάχιστος κύριος κβαντικός αριθμός (n) που μπορεί να έχει ένα ατομικό τροχιακό d είναι:
Α) $n = 1$ Β) $n = 2$ Γ) $n = 3$ Δ) $n = 4$

13. Πόσα τροχιακά υπάρχουν με $n = 3$ και επίσης $m_\ell = 1$;
Α) 1 Β) 2 Γ) 3 Δ) 4

14. Ο συμβολισμός p_x καθορίζει τις τιμές
Α) του δευτερεύοντος κβαντικού αριθμού
Β) του μαγνητικού κβαντικού αριθμού
Γ) του αξιμουθιακού και του μαγνητικού κβαντικού αριθμού
Δ) του κύριου και του δευτερεύοντος κβαντικού αριθμού
[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

15. Ο κβαντικός αριθμός ℓ καθορίζει:
Α) τον προσανατολισμό του ηλεκτρονιακού νέφους
Β) την ιδιοπεριστροφή του ηλεκτρονίου
Γ) το σχήμα του ηλεκτρονιακού νέφους
Δ) το μέγεθος του ηλεκτρονιακού νέφους [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

16. Με βάση τις δυνατές τιμές των κβαντικών αριθμών ℓ και m_ℓ να εξηγήσετε γιατί η στιβάδα N αποτελείται από 16 τροχιακά. (5 μονάδες)

17. Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστές ή λανθασμένες. Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας μόνο στην περίπτωση των λανθασμένων προτάσεων. (15 μονάδες)
Α) Τα τροχιακά με τον ίδιο κύριο κβαντικό αριθμό n συγκροτούν μια υποστιβάδα. [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

Β) Η επίλυση της εξίσωσης Schrödinger οδηγεί στις κυματοσυναρτήσεις ψ , οι οποίες περιγράφουν την κατάσταση του ηλεκτρονίου με ορισμένη ενέργεια (E_n) και ονομάζονται ατομικά τροχιακά.

Γ) Σύμφωνα με την κβαντομηχανική, τα ηλεκτρόνια κινούνται σε κυκλικές τροχιές γύρω από τον πυρήνα του ατόμου.

[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

Δ) Αν ένα τροχιακό έχει $m_l = 0$, θα είναι οπωσδήποτε τροχιακό τύπου s.

Ε) Το τροχιακό p_x είναι αυτό για το οποίο ισχύει: $m_l = 1$.

ΣΤ) Η κυματική εξίσωση του Schrödinger για το άτομο του Η συσχετίζει με μαθηματικό τρόπο τη σωματιδιακή και την κυματική συμπεριφορά του ηλεκτρονίου περιγράφοντας το ηλεκτρόνιο ως κύμα στο οποίο όμως αντιστοιχεί κινητική και δυναμική ενέργεια.

Ζ) Ο κβαντικός αριθμός του spin δε συμμετέχει στη διαμόρφωση της τιμής της ενέργειας του ηλεκτρονίου και κατά συνέπεια στο καθορισμό του ατομικού τροχιακού.

18. α) Για το άτομο του υδρογόνου η τιμή της κυματοσυνάρτησης ψ στις θέσεις Α και Β έχει τιμές $\psi_1 = 10^{-3}$ και $\psi_2 = -10^{-2}$, αντίστοιχα. Να εξηγήσετε σε ποια από τις δύο θέσεις Α ή Β το ηλεκτρόνιο παρουσιάζει μεγαλύτερη πιθανότητα παρουσίας.

(3 μονάδες)

β) Να διατυπώσετε την αρχή της απροσδιοριστίας ή αβεβαιότητας του Heisenberg.

(3 μονάδες)

19. Να αναφέρετε τρεις ομοιότητες και δύο διαφορές ανάμεσα στα τροχιακά $2p_x$ και $2p_z$ ενός ατόμου υδρογόνου. (5 μονάδες)

20. Το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου υδρογόνου βρίσκεται στην στιβάδα Μ και μεταπίπτει διαδοχικά στη στιβάδα L και στη συνέχεια στην Κ. Κατά τις δύο αυτές μεταπτώσεις εκπέμπονται δύο φωτόνια με μήκη κύματος λ_1 και λ_2 , αντίστοιχα. Να υπολογιστεί ο λόγος λ_1/λ_2 .

(9 μονάδες)

Αρχές δόμησης Πολυηλεκτρονιακών ατόμων:

Η συμπλήρωση των τροχιακών ενός ατόμου με ηλεκτρόνια γίνεται με βάση την αρχή ηλεκτρονιακής δόμησης (aufbau) η οποία περιλαμβάνει τις παρακάτω αρχές και κανόνες:

• Απαγορευτική αρχή του Pauli:

Είναι αδύνατο να υπάρχουν στο ίδιο άτομο δύο ηλεκτρόνια με ίδια τετράδα κβαντικών αριθμών (n, ℓ, m_ℓ, m_s). Συνεπώς δε μπορεί ένα τροχιακό να χωρέσει πάνω από δύο ηλεκτρόνια.

Με βάση την απαγορευτική αρχή του Pauli καθορίζεται ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων που έχει μία υποστιβάδα (διπλάσιος από τον αριθμό των τροχιακών της υποστιβάδας) και μία στιβάδα.

Συνεπώς, ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων ανά υποστιβάδα είναι:

- **Υποστιβάδες s ($\ell = 0$):** Περιέχουν $2\ell + 1 = 2 \cdot 0 + 1 = 1$ τροχιακό.

Άρα, ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων είναι $1 \cdot 2 = 2$ ηλεκτρόνια.

- **Υποστιβάδες p ($\ell = 1$):** Περιέχουν $2\ell + 1 = 2 \cdot 1 + 1 = 3$ τροχιακά.

Άρα, ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων είναι $3 \cdot 2 = 6$ ηλεκτρόνια.

- **Υποστιβάδες d ($\ell = 2$):** Περιέχουν $2\ell + 1 = 2 \cdot 2 + 1 = 5$ τροχιακά.

Άρα, ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων είναι $5 \cdot 2 = 10$ ηλεκτρόνια.

- **Υποστιβάδες f ($\ell = 3$):** Περιέχουν $2\ell + 1 = 2 \cdot 3 + 1 = 7$ τροχιακά.

Άρα, ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων είναι $7 \cdot 2 = 14$ ηλεκτρόνια.

Παράδειγμα:

Υπολογισμός μέγιστου αριθμού ηλεκτρονίων στη στιβάδα L:

Η στιβάδα L αντιστοιχεί σε κύριο κβαντικό αριθμό $n = 2$. Οι τιμές του αζιμουθιακού κβαντικού αριθμού που αντιστοιχούν σε $n = 2$ είναι $\ell = 0$ και $\ell = 1$.

Συνεπώς, στην στιβάδα L αντιστοιχούν δύο υποστιβάδες, η **2s (2, 0)** και η **2p (2, 1)**.

Η υποστιβάδα 2s περιέχει $2\ell + 1 = 2 \cdot 0 + 1 = 1$ τροχιακό s.

Η υποστιβάδα 2p περιέχει $2\ell + 1 = 2 \cdot 1 + 1 = 3$ τροχιακά p.

Παρατήρηση:

α. Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων ανά υποστιβάδα, δεν εξαρτάται από την τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού της υποστιβάδας, δηλαδή δεν εξαρτάται από την τιμή του n .

β. Τροχιακό, υποστιβάδα ή στιβάδα που περιέχουν το μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων χαρακτηρίζονται **συμπληρωμένα**, όταν δεν περιέχουν το μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων, χαρακτηρίζονται **μη συμπληρωμένα** και όταν έχουν το μισό του μέγιστου αριθμού ηλεκτρονίων χαρακτηρίζονται **ημισυμπληρωμένα**.

Άρα στη στιβάδα L υπάρχουν **4 ατομικά τροχιακά**.

Επειδή κάθε ατομικό τροχιακό μπορεί να χωρέσει 2 ηλεκτρόνια, ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων στη στιβάδα L είναι: $4 \cdot 2 = 8$ **ηλεκτρόνια**.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τέσσερις πρώτες στιβάδες με τις υποστιβάδες τους και το μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων ανά στιβάδα και υποστιβάδα:

Στιβάδες	Κύριος κβαντικός αριθμός	Δευτερευόν κβαντικός αριθμός	Υποστιβάδες	Μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων	Συμβολισμός συμπληρωμένης στιβάδας
K	$n = 1$	$\ell = 0$	1s	2	$1s^2$
L	$n = 2$	$\ell = 0$	2s	2	$2s^2 2p^6$
		$\ell = 1$	2p	6	
M	$n = 3$	$\ell = 0$	3s	2	$3s^2 3p^6 3d^{10}$
		$\ell = 1$	3p	6	
		$\ell = 2$	3d	10	
N	$n = 4$	$\ell = 0$	4s	2	$4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14}$
		$\ell = 1$	4p	6	
		$\ell = 2$	4d	10	
		$\ell = 3$	4f	14	

• **Αρχή ελάχιστης ενέργειας:**

Κατά την ηλεκτρονιακή δόμηση ενός πολυηλεκτρονικού ατόμου, τα ηλεκτρόνια οφείλουν να καταλάβουν τροχιακά με τη μικρότερη ενέργεια, ώστε να αποκτήσουν τη μέγιστη σταθερότητα στη θεμελιώδη κατάσταση.

Η ενέργεια των ηλεκτρονίων στα πολυηλεκτρονιακά άτομα καθορίζεται από δυο παράγοντες.

- Από τον κύριο κβαντικό αριθμό n , που είναι ενδεικτικός της έλξης μεταξύ ηλεκτρονίου και πυρήνα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ελκτική δύναμη του πυρήνα στο ηλεκτρόνιο τόσο μικρότερη είναι η ενέργειά του. Συνεπώς, όσο μικρότερος είναι ο n , τόσο μεγαλύτερη είναι η έλξη και τόσο μικρότερη η ενέργεια του ηλεκτρονίου.
- Από τον αζιμουθιακό αριθμό ℓ , που είναι ενδεικτικός των απώσεων μεταξύ των ηλεκτρονίων. Όσο μικρότερος είναι ο ℓ , τόσο μικρότερες είναι οι απώσεις και τόσο μικρότερη είναι η ενέργεια του ηλεκτρονίου.

Ανάμεσα σε δυο υποστιβάδες τη χαμηλότερη ενέργεια έχει εκείνη που έχει το μικρότερο άθροισμα των δύο πρώτων κβαντικών αριθμών ($n + \ell$). Από δύο υποστιβάδες με το ίδιο άθροισμα $n + \ell$ μικρότερη ενέργεια έχει αυτή με το μικρότερο n .

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει η σειρά των υποστιβάδων, κατά αύξουσα ενέργεια:



Επειδή είναι δύσκολο να θυμηθεί κανείς την παραπάνω σειρά διαδοχής, δίνεται το διπλανό μνημονικό διάγραμμα. Στο διάγραμμα αυτό, η συμπλήρωση των τροχιακών θα ακολουθεί τη φορά που δείχνουν τα βέλη.

Παράδειγμα:

Η κατανομή των ηλεκτρονίων στο άτομο του $_{11}\text{Na}$:

Το άτομο του νατρίου περιέχει 11 ηλεκτρόνια. Η κατανομή τους σε υποστιβάδες γίνεται σύμφωνα με τα παρακάτω:

Πρώτα τοποθετούμε 2 ηλεκτρόνια στην υποστιβάδα $1s$ ($1s^2$).

Στη συνέχεια τοποθετούμε 2 ηλεκτρόνια στην $2s$ υποστιβάδα ($2s^2$).

Ύστερα τοποθετούμε 6 ηλεκτρόνια στην $2p$ υποστιβάδα ($2p^6$).

Το ενδέκατο ηλεκτρόνιο το τοποθετούμε στην $3s$ υποστιβάδα ($3s^1$).

Άρα η ηλεκτρονιακή δομή του νατρίου είναι:

Σε υποστιβάδες $_{11}\text{Na}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

Σε στιβάδες $_{11}\text{Na}$: **K(2)L(8)M(1)**

Μετά την εισαγωγή ηλεκτρονίων στη $3d$ υποστιβάδα, αυτή αποκτά μικρότερη ενέργεια από την $4s$ υποστιβάδα. Το αντίστοιχο συμβαίνει και με τις $4d$ και $5s$ υποστιβάδες.

Για αυτό, όταν συμπληρώνουμε τις υποστιβάδες με ηλεκτρόνια, συμπληρώνουμε πρώτα την $4s$ και ύστερα την $3d$, όμως όταν γράφουμε την ηλεκτρονιακή δομή, γράφουμε πρώτα την $3d$ και μετά την $4s$. Το ίδιο συμβαίνει και με τις $4d$ και $5s$ υποστιβάδες.

Παράδειγμα:

Η ηλεκτρονιακή δομή του $_{26}\text{Fe}$:

Η συμπλήρωση των υποστιβάδων με ηλεκτρόνια γίνεται σύμφωνα με την ακόλουθη σειρά:

α. 2 ηλεκτρόνια στην $1s$ ($1s^2$).

β. 2 ηλεκτρόνια στην $2s$ ($2s^2$).

γ. 6 ηλεκτρόνια στην $2p$ ($2p^6$).

δ. 2 ηλεκτρόνια στην $3s$ ($3s^2$).

K: $1s$
L: $2s$ $2p$
M: $3s$ $3p$ $3d$
N: $4s$ $4p$ $4d$ $4f$
O: $5s$ $5p$ $5d$ $5f$
P: $6s$ $6p$ $6d$
Q: $7s$ $7p$

Παρατήρηση:

Στο υδρογόνο και στα υδρογονοειδή ιόντα, οι ενεργειακές στάθμες των υποστιβάδων που ανήκουν στην ίδια στιβάδα, ταυτίζονται, γιατί ο ℓ δεν επηρεάζει την τιμή της ενέργειας.

π.χ. Στο άτομο του υδρογόνου, οι $3s$, $3p$ και $3d$ υποστιβάδες έχουν την ίδια ενέργεια.

Παρατήρηση:

Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η κατανομή των ηλεκτρονίων στις στιβάδες δεν είναι αυτή που προβλέπεται με βάση την αρχή ελάχιστης ενέργειας.

π.χ. Η ηλεκτρονιακή δομή του ${}_{24}\text{Cr}$ είναι:

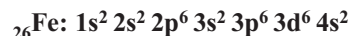


Η ηλεκτρονιακή δομή του ${}_{29}\text{Cu}$ είναι:

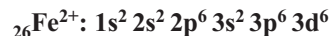


Αυτό συμβαίνει γιατί οι ηλεκτρονιακές δομές με ημισυμπληρωμένη ($3d^5$) ή συμπληρωμένη ($3d^{10}$) την $3d$ υποστιβάδα, είναι σταθερότερες ενεργειακά.

Όμως, με την εισαγωγή ηλεκτρονίων, η $3d$ αποκτά ενέργεια μικρότερη της $4s$. Άρα, η ηλεκτρονιακή δομή του σιδήρου είναι:



Κατά τον ιοντισμό του σιδήρου αποβάλλονται πρώτα τα $4s$ ηλεκτρόνια και στη συνέχεια αποβάλλονται τα $3d$ ηλεκτρόνια. Άρα η ηλεκτρονιακή δομή του Fe^{2+} είναι:



- **Κανόνας του Hund:**

Ηλεκτρόνια που καταλαμβάνουν τροχιακά της ίδιας ενέργειας (ίδιες υποστιβάδες) έχουν κατα προτίμηση παράλληλα spin.

Με βάση τον κανόνα αυτό, τοποθετούνται τα ηλεκτρόνια μίας μη συμπληρωμένης υποστιβάδας σε ατομικά τροχιακά.

Παράδειγμα:

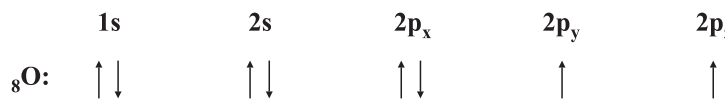
Να κατανεμηθούν σε ατομικά τροχιακά τα ηλεκτρόνια του ${}_8\text{O}$:

Η κατανομή των ηλεκτρονίων σε υποστιβάδες είναι: ${}_8\text{O}: 1s^2 2s^2 2p^4$

Θα διευθετήσουμε τα 4 ηλεκτρόνια που περιέχονται στα τρία $2p$ ατομικά τροχιακά ($2p_x, 2p_y, 2p_z$):

Τοποθετούμε αρχικά από 1 ηλεκτρόνιο με παράλληλο spin σε κάθε ατομικό τροχιακό. Το τέταρτο ηλεκτρόνιο θα σχηματίσει ζεύγος με ένα από τα προηγούμενα.

Άρα, η κατανομή των ηλεκτρονίων σε τροχιακά είναι:

**Παρατήρηση:**

α. Αποτέλεσμα του κανόνα του Hund είναι τα ηλεκτρόνια που κατανέμονται σε διαφορετικά τροχιακά μιας υποστιβάδας να αποκτούν το μέγιστο άθροισμα των κβαντικών αριθμών του spin.

β. Ο κανόνας του Hund αναφέρεται σε μη συμπληρωμένες υποστιβάδες.

γ. Ηλεκτρόνια τα οποία βρίσκονται σε μη συμπληρωμένα ατομικά τροχιακά, χαρακτηρίζονται ως **μονήρη**.

Τα μονήρη ηλεκτρόνια σε ένα άτομο είναι όσα και τα ημισυμπληρωμένα ατομικά τροχιακά, όπως για παράδειγμα, στο άτομο του οξυγόνου στη θεμελιώδη κατάσταση, υπάρχουν 2 μονήρη ηλεκτρόνια.

Ενεργειακά διαγράμματα τροχιακών



➤ Οι αναστροφές των υποστιβάδων $(n-1)d - ns$ και $(n-2)f - ns$

Όταν γράφουμε την ηλεκτρονική δομή ενός ατόμου, θα γράφουμε τις υποστιβάδες $(n-1)d$ και $(n-2)f$ πριν από τις υποστιβάδες ns .

π.χ. η ηλεκτρονική δομή του $_{26}\text{Fe}$ είναι $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ ή $[\text{Ar}] 3d^6 4s^2$

Μόλις συμπληρωθεί η υποστιβάδα $4s$ και αρχίζουν να τοποθετούνται ηλεκτρόνια στην υποστιβάδα $3d$, αυτή αποκτά μικρότερη ενέργεια από την $4s$. Αυτό διαπιστώθηκε πειραματικά, αφού βρέθηκε ότι κατά των ιοντισμό των ατόμων, πρώτα αποβάλλονται τα ηλεκτρόνια της $4s$ υποστιβάδας - που άρα έχει υψηλότερη ενέργεια - και μετά της $3d$.

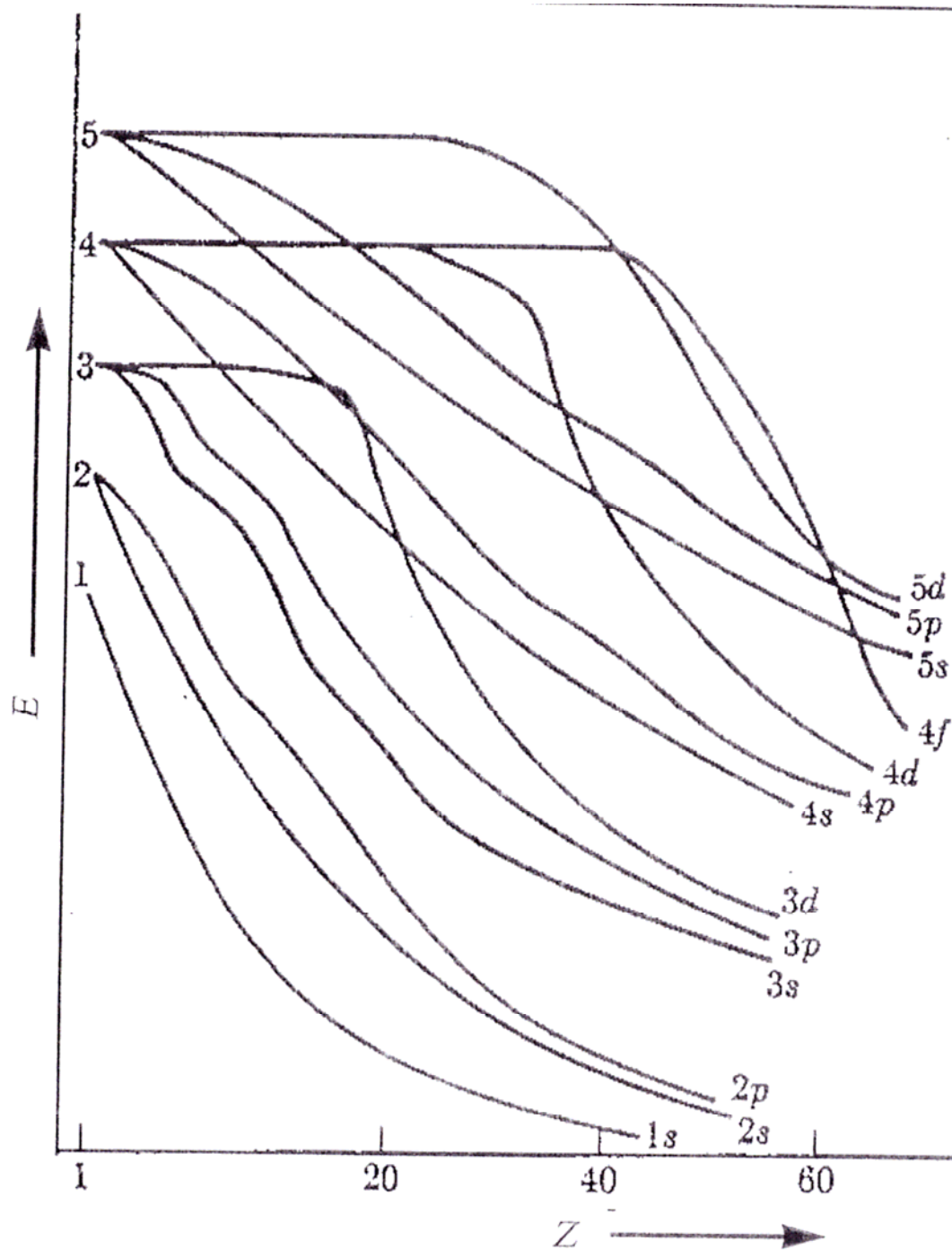
π.χ. $_{28}\text{Ni}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$ και $_{28}\text{Ni}^{2+}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8$

Τα παραπάνω ισχύουν γενικά για τις υποστιβάδες $(n-1)d$ και ns , καθώς και για τις $(n-2)f$ και ns .

Που οφείλονται αυτές οι αναστροφές;

Η ενέργεια των τροχιακών εξαρτάται και από τον ατομικό αριθμό Z (δηλαδή από το δραστικό πυρηνικό φορτίο Z^* που εκφράζει την επίδραση των Z και l)

Η αύξηση του πυρηνικού φορτίου που συνοδεύει την τοποθέτηση ηλεκτρονίων στα τροχιακά ns , δεν θωρακίζεται από τα ηλεκτρόνια αυτά (αφού αυτά δεν αποτελούν μέρος των «εσωτερικών» ηλεκτρονίων: ηλεκτρόνια κορμού ευγενούς αερίου). Έτσι, τα τροχιακά $(n-1)d$ και $(n-2)f$ έλκονται περισσότερο από τον πυρήνα και χαμηλώνουν ενεργειακά, αποκτώντας μικρότερη ενέργεια από τα ns τροχιακά.



Μεταβολή των ενεργειών
των τροχιακών
ουδέτερων ατόμων ως
συνάρτηση του ατομικού
αριθμού Z

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, για τη σύγκριση της ενέργειας των **ηλεκτρονίων** ενός ατόμου και των **αντίστοιχων υποστιβάδων και τροχιακών** που τα περιέχουν, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αναστροφές που προαναφέρθηκαν

π.χ. ένα ηλεκτρόνιο σε 3d τροχιακό ενός ατόμου έχει μικρότερη ενέργεια από ένα άλλο ηλεκτρόνιο του ίδιου ατόμου που βρίσκεται στο 4s τροχιακό

Για να γράψουμε την **ηλεκτρονική δομή σε υποστιβάδες ενός ιόντος**, θα γράφουμε την ηλεκτρονική δομή σε υποστιβάδες του αντίστοιχου **ουδέτερου ατόμου** και έπειτα θα **αφαιρούμε (για κατιόν)** ή θα **προσθέτουμε (για ανιόν)** τόσα ηλεκτρόνια όσο είναι το φορτίο του ιόντος.

Η αφαίρεση ηλεκτρονίων (κατιόντα) ξεκινά από την υποστιβάδα που έχει τη μεγαλύτερη ενέργεια (με βάση την ηλεκτρονική δομή του ατόμου),

ενώ η προσθήκη (ανιόντα) από την υποστιβάδα με τη μικρότερη ενέργεια που μπορεί να δεχθεί ηλεκτρόνια.

Πίν. 4.4 Ηλεκτρονική δομή των στοιχείων (σε αέρια κατάσταση)

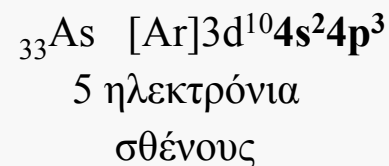
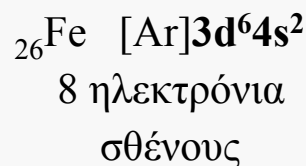
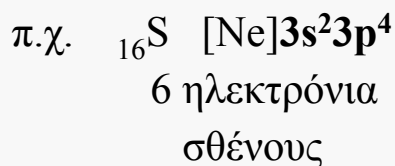
Z	Στοιχείο	Ηλεκτρονική Διάταξη	Z	Στοιχείο	Ηλεκτρονική Διάταξη
1	H	1s	33	As	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³
2	He	1s ²	34	Se	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴
3	Li	[He] 2s	35	Br	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵
4	Be	[He] 2s ²	36	Kr	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
5	B	[He] 2s ² 2p ¹	37	Rb	[Kr] 5s
6	C	[He] 2s ² 2p ²	38	Sr	[Kr] 5s ²
7	N	[He] 2s ² 2p ³	39	Y	[Kr] 4d 5s ²
8	O	[He] 2s ² 2p ⁴	40	Zr	[Kr] 4d ² 5s ²
9	F	[He] 2s ² 2p ⁵	41	Nb	[Kr] 4d ⁴ 5s
10	Ne	[He] 2s ² 2p ⁶	42	Mo	[Kr] 4d ⁵ 5s
11	Na	[Ne] 3s	43	Tc	[Kr] 4d ⁵ 5s ²
12	Mg	[Ne] 3s ²	44	Ru	[Kr] 4d ⁷ 5s
13	Al	[Ne] 3s ² 3p	45	Rh	[Kr] 4d ⁸ 5s
14	Si	[Ne] 3s ² 3p ²	46	Pd	[Kr] 4d ¹⁰
15	P	[Ne] 3s ² 3p ³	47	Ag	[Kr] 4d ¹⁰ 5s
16	S	[Ne] 3s ² 3p ⁴	48	Cd	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ²
17	Cl	[Ne] 3s ² 3p ⁵	49	In	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p
18	Ar	[Ne] 3s ² 3p ⁶	50	Sn	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ²
19	K	[Ar] 4s	51	Sb	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³
20	Ca	[Ar] 4s ²	52	Te	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴
21	Sc	[Ar] 3d 4s ²	53	I	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵
22	Ti	[Ar] 3d ² 4s ²	54	Xe	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶
23	V	[Ar] 3d ³ 4s ²	55	Cs	[Xe] 6s
24	Cr	[Ar] 3d ⁵ 4s	56	Ba	[Xe] 6s ²
25	Mn	[Ar] 3d ⁵ 4s ²	57	La	[Xe] 5d 6s ²
26	Fe	[Ar] 3d ⁶ 4s ²	58	Ce	[Xe] 4f 5d 6s ²
27	Co	[Ar] 3d ⁷ 4s ²	59	Pr	[Xe] 4f ³ 6s ²
28	Ni	[Ar] 3d ⁸ 4s ²	60	Nd	[Xe] 4f ⁴ 6s ²
29	Cu	[Ar] 3d ¹⁰ 4s	61	Pm	[Xe] 4f ⁵ 6s ²
30	Zn	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ²	62	Sm	[Xe] 4f ⁶ 6s ²
31	Ga	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p	63	Eu	[Xe] 4f ⁷ 6s ²
32	Ge	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	64	Gd	[Xe] 4f ⁷ 5d 6s ²

Z	Στοιχείο	Ηλεκτρονική Διάταξη	Z	Στοιχείο	Ηλεκτρονική Διάταξη
65	Tb	$[\text{Xe}] 4f^9 6s^2$	86	Rn	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$
66	Dy	$[\text{Xe}] 4f^{10} 6s^2$	87	Fr	$[\text{Rn}] 7s^1$
67	Ho	$[\text{Xe}] 4f^{11} 6s^2$	88	Ra	$[\text{Rn}] 7s^2$
68	Er	$[\text{Xe}] 4f^{12} 6s^2$	89	Ac	$[\text{Rn}] 6d 7s^2$
69	Tm	$[\text{Xe}] 4f^{13} 6s^2$	90	Th	$[\text{Rn}] 6d^2 7s^2$
70	Yb	$[\text{Xe}] 4f^{14} 6s^2$	91	Pa	$[\text{Rn}] 5f^2 6d^1 7s^2$
71	Lu	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d 6s^2$	92	U	$[\text{Rn}] 5f^3 6d^1 7s^2$
72	Hf	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^2 6s^2$	93	Np	$[\text{Rn}] 5f^4 6d^1 7s^2$
73	Ta	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^3 6s^2$	94	Pu	$[\text{Rn}] 5f^6 7s^2$
74	W	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^4 6s^2$	95	Am	$[\text{Rn}] 5f^7 7s^2$
75	Re	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^5 6s^2$	96	Cm	$[\text{Rn}] 5f^7 6d^1 7s^2$
76	Os	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^6 6s^2$	97	Bk	$[\text{Rn}] 5f^9 7s^2$
77	Ir	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^7 6s^2$	98	Cf	$[\text{Rn}] 5f^{10} 7s^2$
78	Pt	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^9 6s$	99	Es	$[\text{Rn}] 5f^{11} 7s^2$
79	Au	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^1$	100	Fm	$[\text{Rn}] 5f^{12} 7s^2$
80	Hg	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	101	Md	$[\text{Rn}] 5f^{13} 7s^2$
81	Tl	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p$	102	No	$[\text{Rn}] 5f^{14} 7s^2$
82	Pb	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$	103	Lr	$[\text{Rn}] 5f^{14} 6d^1 7s^2$
83	Bi	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^3$			
84	Po	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^4$			
85	At	$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^5$			

- ❖ Εξωτερική στιβάδα του ατόμου ενός στοιχείου, είναι η στιβάδα με τον μεγαλύτερο κύριο κβαντικό αριθμό n , στην οποία υπάρχουν ηλεκτρόνια.

Στη θεμελιώδη κατάσταση, όλα τα άτομα έχουν στην εξωτερική στιβάδα τους **μέχρι οχτώ (8) ηλεκτρόνια**.

- ❖ Ηλεκτρόνια σθένους του ατόμου ενός στοιχείου, είναι τα επιπλέον ηλεκτρόνια που έχει το άτομο του στοιχείου σε σχέση με τα ηλεκτρόνια του προηγούμενου ευγενούς αερίου. Στα ηλεκτρόνια σθένους **δεν συνυπολογίζονται** τα ηλεκτρόνια συμπληρωμένων d και f υποστιβάδων (d^{10} , f^{14}).



Τα ηλεκτρόνια σθένους, είναι αυτά τα οποία **πρωτίστως εμπλέκονται σε χημικές αντιδράσεις** και στο **σχηματισμό των χημικών δεσμών**.

Για τα **στοιχεία των κύριων ομάδων (A)** (π.χ. S και As στα προηγούμενα παραδείγματα), **ηλεκτρόνια σθένους είναι τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας**, η οποία ονομάζεται και **στιβάδα σθένους**.

Γ) Ηλεκτρονική δόμηση των ατόμων

Εφαρμογές

1. Να γράψετε την ηλεκτρονική δομή σε υποστιβάδες και σε στιβάδες για τα επόμενα άτομα στη θεμελιώδη κατάσταση:



Πόσα ηλεκτρόνια έχει η εξωτερική στιβάδα κάθε ατόμου και πόσα μονήρη (ασύζευκτα) ηλεκτρόνια έχει το κάθε άτομο;

2. α) Να γράψετε την ηλεκτρονική δομή σε υποστιβάδες και σε στιβάδες για το άτομο ${}_{33}\text{As}$ στη θεμελιώδη κατάσταση, καθώς και τους κβαντικούς αριθμούς των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας.

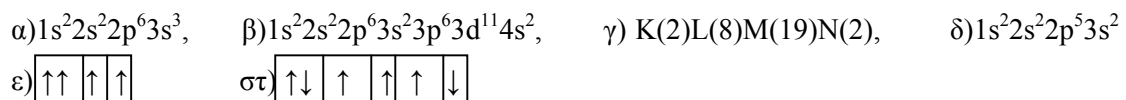
β) Πόσα ηλεκτρόνια στο άτομο ${}_{33}\text{As}$ στη θεμελιώδη κατάσταση έχουν:

i) $l = 1$;

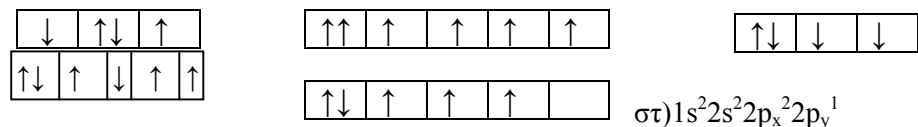
ii) $m_l = 0$;

iii) $m_l = -1$;

3. Ποιες από τις παρακάτω ηλεκτρονικές δομές παραβιάζουν την απαγορευτική αρχή του Pauli;



4. Ποιες από τις παρακάτω ηλεκτρονικές δομές παραβιάζουν τον κανόνα του Hund ;



5. α) Δίνονται οι κβαντικοί αριθμοί (n, l, m_l) τεσσάρων ατομικών τροχιακών ενός πολυηλεκτρονικού ατόμου:

i) (4, 0, 0)

ii) (3, 2, +1)

iii) (3, 2, -2)

iv) (3, 1, +1)

Να διατάξετε τα τροχιακά αυτά κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας.

β) Δίνονται οι κβαντικοί αριθμοί (n, l, m_l, m_s) τεσσάρων ηλεκτρονίων που ανήκουν στο ίδιο άτομο:

i) (4, 0, 0, +1/2)

ii) (3, 2, +1, +1/2)

iii) (3, 2, -2, -1/2)

iv) (3, 1, +1, -1/2)

Να διατάξετε τα ηλεκτρόνια αυτά κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας.

6. Να γραφεί η ηλεκτρονική δομή σε υποστιβάδες και σε στιβάδες για τα επόμενα ιόντα στη θεμελιώδη κατάσταση:



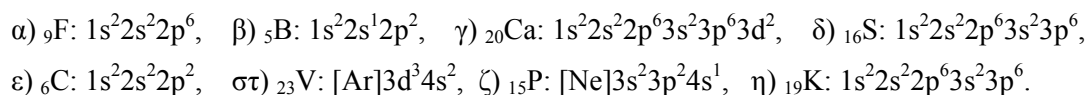
Τι κοινό έχουν οι δομές αυτές;

7. Να γραφεί η ηλεκτρονική δομή σε υποστιβάδες και σε στιβάδες για τα επόμενα άτομα και ιόντα στη θεμελιώδη κατάσταση:

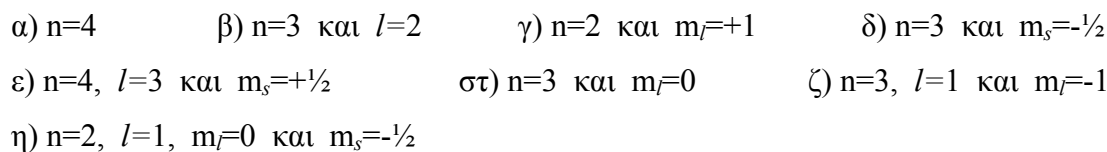


Πόσα μονήρη ηλεκτρόνια έχει καθένα από τα άτομα ${}_{25}\text{Mn}$ και ${}_{26}\text{Fe}$;

8. Ποιες από τις παρακάτω ηλεκτρονικές δομές αντιστοιχούν σε θεμελιώδη κατάσταση ατόμου, ποιες σε διεγερμένη κατάσταση ατόμου και ποιες σε δομή ιόντος;



9. Να υπολογίσετε το μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων σε ένα πολυηλεκτρονικό άτομο στη θεμελιώδη κατάσταση τα οποία έχουν κβαντικούς αριθμούς:



10. Να υπολογίσετε τον ελάχιστο ατομικό αριθμό του χημικού στοιχείου, το άτομο του οποίου στη θεμελιώδη κατάσταση έχει:

- α) τρία ηλεκτρόνια σε τροχιακά με $l=2$,
β) άθροισμα των κβαντικών αριθμών spin ίσο με 1,
γ) τρία μονήρη ηλεκτρόνια,
δ) συμπληρωμένα όλα τα τροχιακά της στιβάδας M,
ε) επτά μονήρη ηλεκτρόνια.

11. Να υπολογίσετε τους δυνατούς ατομικούς αριθμούς των χημικών στοιχείων, τα άτομα των οποίων στη θεμελιώδη κατάσταση έχουν:

- α) δύο μονήρη ηλεκτρόνια στη στιβάδα L,
β) τρία μονήρη ηλεκτρόνια στη στιβάδα M.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

15.1. Ποιοι κβαντικοί αριθμοί σχετίζονται με την ενέργεια ενός ηλεκτρονίου σε ένα πολυηλεκτρονιακό άτομο;

- A) μόνο ο n
B) ο n και ο ℓ
Γ) ο n , ο ℓ και ο m_ℓ
Δ) και οι τέσσερις

15.2. Μεταξύ των ενεργειών E_{2s} και E_{2p} των υποστιβάδων $2s$ και $2p$ σε ένα άτομο:

- A) ισχύει $E_{2p} > E_{2s}$
B) ισχύει $E_{2p} \geq E_{2s}$
Γ) ισχύει $E_{2p} < E_{2s}$
Δ) δεν είναι δυνατή η σύγκριση

15.3. Κατά τη διαδικασία της ηλεκτρονιακής δόμησης (aufbau):

- A) η υποστιβάδα $4p$ συμπληρώνεται αμέσως μετά την υποστιβάδα $4s$
B) μετά την υποστιβάδα $3p$ συμπληρώνεται η $3d$
Γ) μετά την υποστιβάδα $3d$ συμπληρώνεται η $4s$
Δ) η υποστιβάδα $4s$ συμπληρώνεται πριν από την $3d$

15.4. Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων σε κάθε στιβάδα προκύπτει βασικά με εφαρμογή:

- A) της αρχής της ελάχιστης ενέργειας
B) της απαγορευτικής αρχής του Pauli
Γ) του κανόνα του Hund
Δ) όλων των παραπάνω

15.5. Ένα άτομο στη θεμελιώδη κατάσταση έχει δομή $3p^2$. Σύμφωνα με τον κανόνα του Hund το άθροισμα των κβαντικών αριθμών spin του ατόμου θα είναι ίσο με:

- A) 1 B) $3/2$ Γ) 2 Δ) $1/2$

15.6. Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων σε τροχιακά p σε μία στιβάδα είναι:

- A) 2 B) 3 Γ) 6 Δ) 10

15.7. Ποιος ο ατομικός αριθμός ενός στοιχείου το άτομο του οποίου στη θεμελιώδη του κατάσταση διαθέτει μόνο ένα ζεύγος ηλεκτρονίων σε p τροχιακό;

- A) 4 B) 6 Γ) 7 Δ) 8

15.8. i. Μία υποστιβάδα $3d$ διαθέτει:

- A) δύο ατομικά τροχιακά
B) τρία ατομικά τροχιακά
Γ) πέντε ατομικά τροχιακά
Δ) το πολύ πέντε ατομικά τροχιακά

ii. Μία υποστιβάδα $3d$ περιέχει:

- A) έξι ηλεκτρόνια
B) πέντε ηλεκτρόνια
Γ) τουλάχιστον δέκα ηλεκτρόνια
Δ) μέχρι δέκα ηλεκτρόνια

15.9. Αν ένα άτομο περιέχει 3 ηλεκτρόνια στην υποστιβάδα $2p$, στη θεμελιώδη κατάσταση, τότε ο ατομικός του αριθμός είναι:

- A) 5 B) τουλάχιστον 5
Γ) 7 Δ) το πολύ 7

15.10. i. Στο άτομο του ${}_{14}\text{Si}$ στη θεμελιώδη κατάσταση ο αριθμός των τροχιακών που περιέχουν ένα μόνο ηλεκτρόνιο είναι:

- A) 2 B) 0 Γ) 3 Δ) 1

ii. Στο ίδιο άτομο, ο ολικός αριθμός των p ηλεκτρονίων του είναι:

- A) 2 B) 4 Γ) 6 Δ) 8

15.11. Ποια από τις επόμενες ηλεκτρονιακές δομές ανταποκρίνεται στη θεμελιώδη κατάσταση του ${}_{28}\text{Ni}$;

- A) $K(2) L(8) M(18)$
B) $K(2) L(8) M(10) N(8)$
Γ) $K(2) L(8) M(17) N(1)$
Δ) $K(2) L(8) M(16) N(2)$

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2016

15.12. Σε ένα άτομο ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων με: i. $n = 3$, $\ell = 2$, ii. $n = 2$, $\ell = 1$, $m_\ell = -1$ και iii. $n = 1$, $\ell = 0$ είναι, αντίστοιχα:

- A) 18, 4, 18 B) 10, 2, 2
Γ) 10, 6, 2 Δ) 10, 2, 0

15.13. Το ιόν ${}_{7}\text{N}^{3-}$ έχει στη θεμελιώδη κατάσταση την ίδια δομή:

- A) με το άτομο του ${}_{2}\text{He}$
B) με το κατιόν ${}_{10}\text{Ne}^{+}$
Γ) με το άτομο του ${}_{4}\text{Be}$
Δ) με το ανιόν ${}_{8}\text{O}^{2-}$

15.14. Ποια από τις δομές αντιστοιχεί σε διεγερμένη κατάσταση ενός ατόμου;

- A) $1s^2 2s^2 2p^7$
B) $1s^2 2s^2 2p^6$
Γ) $1s^2 2s^2 2p^4 3s^1$
Δ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

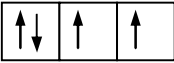
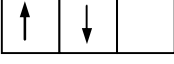
15.15. Από τις ηλεκτρονιακές δομές: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ (I), $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ (II), $1s^2 2s^2 2p^6$ (III), $1s^2 2s^2 2p^5$ (IV), $1s^2 2s^2 2p^4$ (V), αποτελούν τις δομές του ιόντος ${}_{13}\text{Al}^{3+}$ και του ιόντος ${}_{8}\text{O}^{2-}$ στη θεμελιώδη κατάσταση:

- A) οι (I) και (IV), αντίστοιχα
B) η (III) και στις δύο περιπτώσεις
Γ) οι (II) και (V), αντίστοιχα
Δ) οι (III) και (V), αντίστοιχα

15.16. Το στοιχείο ${}_{99}\text{Es}$ είναι ένα μεταλλικό συνθετικό στοιχείο, το 7ο της σειράς των ακτινιδών. Το άτομο του έχει δομή (στη θεμελιώδη κατάσταση): $[\text{Rn}] 5f^{11} 7s^2$. Πόσα μονήρη ηλεκτρόνια διαθέτει;

- A) 1 B) 2 Γ) 3 Δ) 4

15.17. Ποια από τις παρακάτω ηλεκτρονιακές δομές παραβιάζει τον κανόνα του Hund;

- A) 
- B) 
- Γ) 
- Δ) 

[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2016]

15.18. Πόσα ηλεκτρόνια σε ένα άτομο ${}_{22}\text{Ti}$ στη θεμελιώδη κατάσταση έχουν $n = 3$ και $\ell = 2$;

- A) 2 B) 8 Γ) 10 Δ) 18

15.19. Τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου X, στη θεμελιώδη κατάσταση, καταλαμβάνουν 4 τροχιακά. Για το στοιχείο αυτό ο Z είναι ίσος με

- A) 4 B) 6 Γ) 8 Δ) 10

15.20. Θεωρήστε ένα άτομο ${}_{17}\text{Cl}$ στη θεμελιώδη του κατάσταση. Πόσα ηλεκτρόνια του ατόμου έχουν $\ell = 0$;

- A) 2 B) 4 Γ) 6 Δ) 8

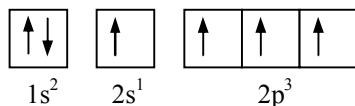
15.21. Ποια από τις δομές που αντιστοιχούν σε ουδέτερο άτομο είναι αδύνατη;

- A) $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$ B) $1s^2 2s^1 2p^6$
Γ) $[\text{Ar}] 3d^3$ Δ) $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^2$

15.22. i. Ποια από τις δομές που ακολουθούν αντιστοιχεί σε ουδέτερο άτομο σε διεγερμένη κατάσταση;

- A) $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^3$ B) $[\text{He}] 2s^1$
Γ) $[\text{Ne}] 3s^1 3p^1$ Δ) $[\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$

ii. Η ηλεκτρονιακή δομή που ακολουθεί αντιστοιχεί σε ένα άτομο ${}_{6}\text{C}$.



Η δομή αυτή:

- A) Είναι αδύνατη λόγω του κανόνα του Hund
B) Είναι αδύνατη γιατί δεν υπακούει στην απαγορευτική αρχή του Pauli
Γ) Αντιστοιχεί σε διεγερμένη κατάσταση καθώς δεν υπακούει στην αρχή της ελάχιστης ενέργειας
Δ) Είναι αδύνατη γιατί δεν υπακούει στην αρχή της ελάχιστης ενέργειας

15.23. i. Η ηλεκτρονιακή δομή του ${}_{25}\text{Mn}^{2+}$ στη θεμελιώδη κατάσταση είναι

- A) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^1$
B) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$
Γ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$
Δ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 3d^4 4s^2$

[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

ii. Στοιχείο Σ σχηματίζει το κατιόν Σ^{3+} το οποίο διαθέτει 15 ηλεκτρόνια στη στοιβάδα M στη θεμελιώδη κατάσταση. Ποιος ο ατομικός αριθμός του στοιχείου;

- A) 25 B) 26 Γ) 27 Δ) 28

15.24. Οι ηλεκτρονιακές δομές δύο ατόμων X και Y είναι οι εξής: X: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ και Y: $1s^2 2s^2 2p^6 6p^1$. Ποια από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστή;

- A) Η μετάβαση από τη δομή X στην Y απαιτεί απορρόφηση ενέργειας
B) Το ηλεκτρόνιο με τη μεγαλύτερη ενέργεια είναι στη δομή X
Γ) Τα δύο άτομα X και Y ανήκουν σε διαφορετικά στοιχεία
Δ) Η δομή Y δεν μπορεί να υπάρξει

15.25. Τα άτομα A, B, Γ και Δ έχουν $Z = 7, 9, 10$ και 13 , αντίστοιχα, στη θεμελιώδη κατάσταση. Ποιο από τα άτομα αυτά έχει περισσότερα μονήρη (ασύζευκτα) ηλεκτρόνια;

- A) Το A B) Το B Γ) Το Γ Δ) Το Δ

15.26. Ποιο από τα παρακάτω ιόντα έχει τα περισσότερα μονήρη (ασύζευκτα) ηλεκτρόνια;

- A) Το ${}_{28}\text{Ni}^{2+}$ B) Το ${}_{29}\text{Cu}^{2+}$ Γ) Το ${}_{30}\text{Zn}^{2+}$ Δ) Το ${}_{32}\text{Ge}^{2+}$

15.27. Ποιο από τα παρακάτω σύνολα κβαντικών αριθμών περιγράφει ένα ηλεκτρόνιο της στιβάδας σθένους στο άτομο του ${}_{31}\text{Ga}$ στη θεμελιώδη του κατάσταση;

- A) $n = 4, \ell = 0, m_\ell = 0, m_s = -1/2$
B) $n = 3, \ell = 2, m_\ell = 0, m_s = +1/2$
Γ) $n = 3, \ell = 2, m_\ell = -1, m_s = -1/2$
Δ) $n = 1, \ell = 0, m_\ell = 0, m_s = -1/2$

15.28. Οι κβαντικοί αριθμοί πέντε ηλεκτρονίων I, II, III, IV και V που ανήκουν στο ίδιο άτομο A είναι:

- I: (4, 0, 0, +1/2), II: (3, 2, 1, +1/2)
III: (3, 2, 0, +1/2), IV: (3, 1, 1, -1/2)

Για τις ενέργειες των ηλεκτρονίων αυτών ισχύει:

- A) $E_I < E_{II} = E_{III} < E_{IV}$ B) $E_I > E_{II} = E_{III} = E_{IV}$
Γ) $E_{II} > E_I > E_{III} = E_{IV}$ Δ) $E_I > E_{II} = E_{III} > E_{IV}$

15.29. Η ηλεκτρονιακή δομή για το ιόν ${}_{29}\text{Cu}^+$ στη θεμελιώδη κατάσταση είναι:

- A) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2$
B) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$
Γ) $[\text{Ar}] 3d^{10}$
Δ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$

15.30. Το μέγιστο δυνατό άθροισμα μαγνητικών κβαντικών αριθμών spin στην υποστιβάδα 4f είναι:

- A) 3/2 B) 5/2 Γ) 7/2 Δ) 3

15.31. Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστές ή όχι. Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις στις περιπτώσεις των λανθασμένων προτάσεων.

A) Το άτομο του ${}_{8}\text{O}$ έχει άθροισμα κβαντικών αριθμών spin ίσο με 2

Β) Στο άτομο του ${}^7\text{N}$ περιέχονται στη θεμελιώδη του κατάσταση τρία ασύζευκτα ηλεκτρόνια.

Γ) Για τις ενέργειες των υποστιβάδων $3s$ και $3p$ στο άτομο ${}_{19}\text{K}$, ισχύει: $E_{3s} < E_{3p}$.

Δ) Σύμφωνα με τον κανόνα του Hund, τρία ηλεκτρόνια τοποθετούνται π.χ. σε $2p$ τροχιακά έτσι ώστε το άθροισμα των m_s να είναι μέγιστο.

Ε) Ο μικρότερος ατομικός αριθμός Z στοιχείου με πλήρη d υποστιβάδα αντιστοιχεί στο στοιχείο με $Z = 30$.

ΣΤ) Σε κάθε υποστιβάδα αντιστοιχούν το πολύ $2 \cdot (2\ell + 1)$ ηλεκτρόνια (όπου ℓ ο αζιμουθιακός κβαντικός αριθμός).

Ζ) Το στοιχείο X με δύο μονήρη ηλεκτρόνια στην $3d$ υποστιβάδα στη θεμελιώδη του κατάσταση έχει ατομικό αριθμό $Z = 22$.

Η) Το άτομο ${}_{25}\text{Mn}$ και το ιόν ${}_{27}\text{Co}^{2+}$ έχουν στη θεμελιώδη τους κατάσταση την ίδια ηλεκτρονιακή δομή.

15.32. Να διατάξετε τις υποστιβάδες $6s$, $3d$, $4p$ κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας, σύμφωνα με τη σειρά πλήρωσης. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας με βάση τον κανόνα $(n + \ell)$.

15.33. Να συμπληρωθούν οι προτάσεις:

α) Ο αριθμός των υποστιβάδων στη στιβάδα με $n = 3$ είναι

β) Ο αριθμός των τροχιακών στην υποστιβάδα με $\ell = 2$ είναι

γ) Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων στην υποστιβάδα $4f$ είναι

δ) Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων σε υποστιβάδα p είναι ...

ε) Η υποστιβάδα που χωράει 10 το πολύ ηλεκτρόνια είναι η

στ) Η υποστιβάδα που χωράει 2 το πολύ ηλεκτρόνια είναι του τύπου

ζ) Η στιβάδα που χωράει μέχρι και 18 ηλεκτρόνια είναι η

15.34. Να συμπληρώσετε τη 2η στήλη του πίνακα που ακολουθεί με έναν από τους αριθμούς 2, 4, 6, 8, 10, 14, που εκφράζει το μέγιστο αριθμό ηλεκτρονίων που μπορεί να περιέχονται στην αντίστοιχη στιβάδα, υποστιβάδα, ατομικό τροχιακό ή άτομο.

στιβάδα L	
υποστιβάδα p	
τροχιακό s	
υποστιβάδα f	
άτομο με δύο στιβάδες	
άτομο με δύο υποστιβάδες	

15.35. Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων πολυηλεκτρονιακού ατόμου με κβαντικούς αριθμούς:

i) $n = 3$ και $\ell = 2$ είναι ίσος με α.

ii) $n = 2$ και $\ell = 2$ είναι ίσος με β.

iii) $n = 4$ και $\ell = 1$ είναι ίσος με γ.

iv) $n = 1$ και $m_\ell = 0$ είναι ίσος με δ.

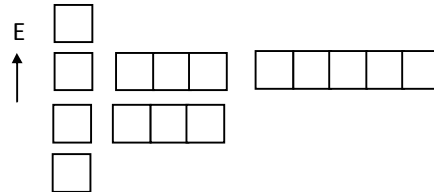
v) $n = 2$ και $m_s = +1/2$ είναι ίσος με ε.

vi) $n = 3$, $m_\ell = -2$ και $m_s = -1/2$ είναι ίσος με ζ.

Να διατάξετε τους αριθμούς α, β, γ, δ, ε και ζ κατ' αύξουσα σειρά.

15.36. Δίνονται τα στοιχεία Σ_1 ($Z = 21$), Σ_2 ($Z = 11$), Σ_3 ($Z = 15$), Σ_4 ($Z = 31$), Σ_5 ($Z = 17$), Σ_6 ($Z = 8$). Να διατάξετε τα στοιχεία κατά σειρά αυξανόμενου αριθμού ηλεκτρονίων των ατόμων στην εξωτερική τους στιβάδα.

15.37. Για το άτομο του ${}_{27}\text{Co}$ στη θεμελιώδη του κατάσταση να συμπληρώσετε με ηλεκτρόνια το διάγραμμα των υποστιβάδων που ακολουθεί και στη συνέχεια να απαντήσετε στις ερωτήσεις.



α) Ποιος ο συνολικός αριθμός των: ηλεκτρονίων i. με $n = 3$, $\ell = 1$ και ii. με $\ell = 0$;

β) Ποιο το άθροισμα των κβαντικών αριθμών $spin$;

15.38. Τα άτομα των στοιχείων Α, Β, Γ και Δ διαθέτουν 2, 3, 2 και 1 μονήρη ηλεκτρόνια, αντίστοιχα, στην ηλεκτρονιακή τους δομή στη θεμελιώδη κατάσταση.

α) Να εξετάσετε αν τα στοιχεία αυτά μπορούν να έχουν διαδοχικούς ατομικούς αριθμούς, Z , $Z+1$, $Z+2$ και $Z+3$, αντίστοιχα.

β) Αν $Z \leq 18$ να προσδιορίσετε τις δυνατές τιμές του ατομικού αριθμού Z του στοιχείου Α.

15.39. Σε ένα πολυηλεκτρονιακό άτομο 4 ηλεκτρόνια της θεμελιώδους κατάστασης διαθέτουν ένα από τα παρακάτω σύνολα κβαντικών αριθμών. Σε ποια υποστιβάδα ανήκει καθένα ηλεκτρόνιο; Ποιο σύνολο κβαντικών αριθμών είναι αδύνατο;

	n	ℓ	m_ℓ	m_s
1.	3	1	-1	+1/2
2.	3	2	0	-1/2
3.	5	0	0	+1/2
4.	4	1	0	0
5.	4	2	-1	-1/2

15.40. Να περιγραφούν με βάση τους 4 κβαντικούς αριθμούς: α) τα δύο ηλεκτρόνια του ατόμου ${}^2\text{He}$ και β) το 11o ηλεκτρόνιο του ${}_{11}\text{Na}$, στη θεμελιώδη τους κατάσταση.

15.41. Ποιος ο μεγαλύτερος αριθμός ηλεκτρονίων (σε ένα άτομο σε θεμελιώδη του κατάσταση), που διαθέτουν:

α) $n = 4$, $\ell = 2$. β) $n = 5$, $\ell = 3$, $m_\ell = -1$. γ) $n = 3$, $\ell = 3$.

15.42. Έστω οι δομές I - IV που ακολουθούν.

I. $1s^2 2s^2 2p^4 3s^1$ II. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4p^1$
 III. $1s^2 2s^2 2p^3$ IV. $1s^2 2s^2 2p^7$

Ποιες από τις δομές αντιστοιχούν σε άτομα που είναι σε διεγερμένη κατάσταση (Δ), ποιες σε θεμελιώδη (Θ) και ποιες είναι αδύνατες (Α); Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

	Δ	Θ	Α
A)	II	I και IV	III
B)	I και III	IV	II
Γ)	II και IV	III	I
Δ)	I και II	III	IV

15.43. α) Πόσα d ηλεκτρόνια, πόσα ηλεκτρόνια με $\ell = 1$ και πόσα μονήρη (ασύζευκτα) ηλεκτρόνια υπάρχουν στη θεμελιώδη κατάσταση των ατόμων με: i. $Z = 15$, ii. $Z = 26$ και iii. $Z = 32$;

β) Πόσα d ηλεκτρόνια διαθέτει το άτομο του $_{77}\text{Ir}$ (στη θεμελιώδη του κατάσταση);

15.44. Άτομο του $_{33}\text{As}$ είναι στη θεμελιώδη κατάσταση.

α) Να γράψετε την ηλεκτρονιακή του δομή, στην οποία να εμφανίζεται και ο κανόνας του Hund.

β) Να προσδιορίσετε τον αριθμό των συμπληρωμένων και ημισυμπληρωμένων τροχιακών που περιέχονται στο άτομο αυτό.

γ) Το άτομο ενός άλλου στοιχείου διαθέτει στη θεμελιώδη του κατάσταση τον ίδιο αριθμό ημισυμπληρωμένων τροχιακών στη στιβάδα M με το $_{33}\text{As}$. Ποιοι οι δυνατοί ατομικοί του αριθμοί;

15.45. Τα άτομα των στοιχείων A, B, Γ, Δ και Ε έχουν στη θεμελιώδη κατάσταση, αντίστοιχα, 13, 5, 2, 6 και 14 ηλεκτρόνια με $n = 3$. Ποιοι οι ατομικοί τους αριθμοί;

15.46. Να προσδιοριστούν οι δυνατοί ατομικοί αριθμοί στοιχείου Σ, το άτομο του οποίου στη θεμελιώδη κατάσταση διαθέτει δύο μονήρη (ασύζευκτα) ηλεκτρόνια, i. στη στιβάδα L, ii. στη στιβάδα M.

15.47. Με τη χρήση της ηλεκτρονιακής δομής του προηγούμενου ευγενούς αερίου ($_{36}\text{Kr}$), να γράψετε την ηλεκτρονιακή δομή του ατόμου του $_{47}\text{Ag}$ στη θεμελιώδη του κατάσταση και να εξηγήσετε το είδος της απόκλισης που παρουσιάζει από τις αρχές της ηλεκτρονιακής δόμησης. Να γράψετε επίσης την ηλεκτρονιακή δομή του ιόντος Ag^+ στη θεμελιώδη του κατάσταση.

15.48. Άτομο του $_{36}\text{Kr}$ είναι στη θεμελιώδη κατάσταση.

α) Πόσα ηλεκτρόνια του ατόμου έχουν $m_\ell = -1$;

β) Πόσα ηλεκτρόνια έχουν $\ell = 1$;

15.49. Δίνονται τα εξής πέντε σύνολα κβαντικών αριθμών:

I: (5, 0, 0, +1/2)

II: (4, 0, 0, +1/2)

III: (3, 2, 1, +1/2)

IV: (3, 2, -2, -1/2)

V: (3, 1, 1, -1/2)

α) Να ταξινομηθούν τα σύνολα αυτά κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας με τη θεώρηση ότι ανήκουν σε πέντε διαφορετικά ηλεκτρόνια ενός ατόμου του $_{38}\text{Sr}$.

β) Να ταξινομηθούν τα σύνολα αυτά κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας με τη θεώρηση ότι ανήκουν σε πέντε διαφορετικές καταστάσεις του ηλεκτρονίου του ατόμου του $_{1}\text{H}$.

15.50. Ποια είναι η ηλεκτρονιακή δομή των ιόντων: $_{20}\text{Ca}^{2+}$, $_{21}\text{Sc}^{3+}$, $_{29}\text{Cu}^+$, $_{29}\text{Cu}^{2+}$; Ποια από τα ιόντα αυτά διαθέτουν οκτώ ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα;

15.51. Οι ηλεκτρονιακές δομές, που ακολουθούν μπορεί να αντιστοιχούν σε άτομα ή ιόντα (σε παρένθεση οι ατομικοί αριθμοί του αντίστοιχου ατόμου):

α) $1s^2 2p^1$ ($Z = 3$),

β) $1s^2$ ($Z = 1$),

γ) $2p^1$ ($Z = 2$),

δ) $1s^2 2s^2 2p^3$ ($Z = 7$),

ε) $1s^2 2s^2 2p^6$ ($Z = 9$),

ζ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ($Z = 16$),

η) $1s^2 2s^2 2p^1 2d^1$ ($Z = 6$),

θ) $1s^2 2s^1 2p^7$ ($Z = 9$),

ι) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$ ($Z = 21$)

κ) $1s^2 2s^2 2p^5 3s^1$ ($Z = 10$).

Σε κάθε περίπτωση αναφέρετε αν οι δομές αντιστοιχούν σε άτομο, σε ανιόν ή κατιόν και αν αντιστοιχούν σε θεμελιώδεις, διεγερμένες ή αδύνατες καταστάσεις.

15.52. Ποιοι είναι οι μικρότεροι ατομικοί αριθμοί των στοιχείων των οποίων το άτομο στη θεμελιώδη του κατάσταση διαθέτει:

α) Τρία d ηλεκτρόνια.

β) Δέκα p ηλεκτρόνια.

γ) Πλήρη d υποστιβάδα.

δ) Τέσσερα s ηλεκτρόνια.

ε) Δύο f ηλεκτρόνια.

15.53. Ένα στοιχείο παρουσιάζει την εξής κατανομή ηλεκτρονίων: $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8 \text{N}^2$.

α) Πόσα ηλεκτρόνια διαθέτει σε s τροχιακά και πόσα σε p τροχιακά;

β) Πόσα ηλεκτρόνια έχουν $m_\ell = -1$;

γ) Ποια η ηλεκτρονιακή δομή σε υποστιβάδες του ατόμου του στοιχείου με τον αμέσως μεγαλύτερο Z;

15.54. α) Ποια η ηλεκτρονιακή δομή του ατόμου του $_{26}\text{Fe}$;

β) Ποια η ηλεκτρονιακή δομή των κατιόντων Fe^{2+} και Fe^{3+} ;

γ) Ποιο από τα δύο αυτά ιόντα προβλέπεται να είναι σταθερότερο, οπότε θα σχηματίζει και τις σταθερότερες ενώσεις; Τα άτομα και τα ιόντα να θεωρηθούν στη θεμελιώδη τους κατάσταση.

15.55. Στο άτομο κάποιου στοιχείου Σ, στη θεμελιώδη του κατάσταση, διαπιστώθηκε ότι οι 3 πρώτοι κβαντικοί αριθμοί ενός ηλεκτρονίου του έχουν θετικές τιμές και ότι ο καθένας διαφέρει από τον προηγούμενό του κατά 2.

α) Να προσδιορίσετε τις τιμές των τριών κβαντικών αριθμών αυτού του ηλεκτρονίου.

β) Να εξετάσετε αν είναι δυνατό να υπάρχει στο ίδιο άτομο και δεύτερο ηλεκτρόνιο με αυτές τις τιμές των τριών πρώτων κβαντικών αριθμών.

15.56. Δίνονται τα άτομα των στοιχείων: ${}^1\text{H}$, ${}^7\text{N}$, ${}^{16}\text{S}$, ${}^{17}\text{Cl}$, ${}^{19}\text{K}$, ${}^{22}\text{Ti}$, ${}^{23}\text{V}$, ${}^{26}\text{Fe}$, ${}^{28}\text{Ni}$ και ${}^{30}\text{Zn}$ στη θεμελιώδη τους κατάσταση.

α) Ποια η ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων των στοιχείων αυτών;

β) Πόσα ασύζευκτα (μονήρη) ηλεκτρόνια διαθέτει το καθένα;

γ) Ποια από τα στοιχεία αυτά διαθέτουν μονήρη (ασύζευκτα) ηλεκτρόνια και ποια όχι;

δ) Ποιο το ολικό spin σε κάθε άτομο;

15.57. Το άτομο ενός στοιχείου διαθέτει στη θεμελιώδη του κατάσταση 27 ηλεκτρόνια σε τροχιακά p, 30 σε τροχιακά d και 14 σε τροχιακά f.

α) Ποιο το συνολικό του spin;

β) Πόσα ηλεκτρόνια διαθέτει σε τροχιακά s; Ποιος ο ατομικός του αριθμός;

γ) Πόσα ηλεκτρόνια διαθέτει συνολικά στη στιβάδα P και πόσα στη στιβάδα Q;

15.58. α) Να γράψετε όλες τις δυνατές τετράδες κβαντικών αριθμών για τα ηλεκτρόνια των στιβάδων L και M.

β) Σε ένα άτομο στη θεμελιώδη του κατάσταση το άθροισμα και των 4 κβαντικών αριθμών όλων των ηλεκτρονίων του είναι ίσο με 6. Ποιος ο ατομικός αριθμός του στοιχείου; γ) Ποιο το άθροισμα και των 4 κβαντικών αριθμών όλων των ηλεκτρονίων του για το άτομο του ${}_{10}\text{Ne}$ στη θεμελιώδη του κατάσταση;

15.59. Το άτομο I ($Z = 63$) έχει ηλεκτρονιακή δομή στη θεμελιώδη κατάσταση: $[\text{}_{54}\text{Xe}] \text{X } 6s^2$ (σε αγκύλη το αμέσως προηγούμενο ευγενές αέριο και X η δομή μιας υποστιβάδας που λείπει).

α) i. Ποια η δομή της υποστιβάδας X (συμβολισμός και ηλεκτρόνια που διαθέτει);

ii. Ποιες από τις στιβάδες που χρησιμοποιεί το άτομο I είναι συμπληρωμένες με ηλεκτρόνια;

β) Πόσα ηλεκτρόνια του ατόμου I έχουν:

i. $n = 5$ ii. $\ell = 3$ iii. $\ell = 2$ iv. $m_\ell = -3$

γ) Στις ηλεκτρονιακές δομές στη θεμελιώδη κατάσταση των ατόμων II, III, IV και V που ακολουθούν λείπουν επίσης μερικά στοιχεία, τα οποία επισημαίνονται με τα γράμματα A, B, Γ, Δ, E, Θ, K, Λ, M και N.

II: ($Z = \text{A}$): $[\text{B}] \text{ } 3p^1$

III: ($Z = 22$): $[\Delta] 3s^2 3p^6 \text{E } 4s^2$

IV: ($Z = \text{Θ}$): $[\text{K}] 6s^2$

V: ($Z = 33$): $[\Lambda] \text{M } 4s^2 \text{N}$

Τα στοιχεία A και Θ αντιστοιχούν στους ατομικούς αριθμούς των ατόμων II και IV, τα στοιχεία B, Δ, K και Λ στα προηγούμενα ευγενή αέρια των ατόμων και τα στοιχεία E, M και N σε κάποιες υποστιβάδες. Να γράψετε τα στοιχεία αυτά. Δίνονται τα ευγενή αέρια: ${}_{10}\text{Ne}$, ${}_{18}\text{Ar}$, ${}_{36}\text{Kr}$, ${}_{54}\text{Xe}$ (κάποια μπορεί και να μη χρειαστούν).

δ) Ποιο από τα άτομα II - V έχει τα περισσότερα μονήρη ηλεκτρόνια; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

ΦΥΛΛΑΔΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 15

Στις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής 1 - 18 να σημειώσετε απλά τη σωστή απάντηση. ($3 \times 18 = 54$ μονάδες)

1. Ποια από τις παρακάτω υποστιβάδες έχει τη χαμηλότερη ενέργεια;

- A) 1s B) 2s Γ) 2p Δ) 3s [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

2. Από τις παρακάτω υποστιβάδες τη χαμηλότερη ενέργεια έχει η υποστιβάδα:

- A) 3d B) 3p Γ) 3s Δ) 4s [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

3. «Είναι αδύνατο να υπάρχουν στο ίδιο άτομο δύο ηλεκτρόνια με ίδια τετράδα κβαντικών αριθμών (n, ℓ, m_ℓ, m_s)». Η αρχή αυτή διατυπώθηκε από τον

- A) Planck B) Pauli Γ) De Broglie Δ) Hund [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

4. Τα ατομικά τροχιακά 2s και 2p_x του ${}^7\text{N}$:

- A) έχουν το ίδιο σχήμα
B) έχουν την ίδια ενέργεια
Γ) έχουν τον ίδιο προσανατολισμό στο χώρο
Δ) διαφέρουν σε όλα τα παραπάνω [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

5. Ποιο είναι το πλήθος των p ατομικών τροχιακών του ατόμου ${}_{15}\text{P}$ που περιέχουν e^- στη θεμελιώδη κατάσταση;

- A) 2 B) 5 Γ) 6 Δ) 9 [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2016]

6. Ποια υποστιβάδα συμπληρώνεται αμέσως πριν την 4f, σύμφωνα με τη σειρά πλήρωσης;

- A) 6s B) 5p Γ) 5d Δ) 4d

7. Ο ατομικός αριθμός (Z) ενός ατόμου με 7 ηλεκτρόνια σε τροχιακά s, στη θεμελιώδη κατάσταση, είναι ίσος με:

- A) 13 B) 19 Γ) 19 ή 24 ή 29 Δ) 21

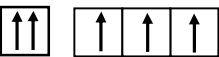
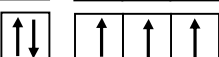
8. Στο ιόν ${}_{26}\text{Fe}^{2+}$ ο αριθμός των ηλεκτρονίων στην υποστιβάδα 3d και στη θεμελιώδη κατάσταση είναι:

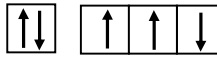
- A) 2 B) 3 Γ) 5 Δ) 6 [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

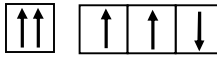
9. Ποια από τις παρακάτω ηλεκτρονιακές δομές αντιστοιχεί σε διεγερμένη κατάσταση;

- A) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$
B) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$
Γ) $1s^2 2s^1 2p^6$
Δ) $1s^1 2s^1 2p^7$

10. Σε ποια από τις παρακάτω ηλεκτρονιακές δομές παραβιάζονται η αρχή του Pauli και ο κανόνας του Hund;

- A) 
B) 

Γ) 

Δ) 

[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

11. Ποια από τις παρακάτω τετράδες κβαντικών αριθμών (n, ℓ, m_ℓ, m_s) αντιστοιχεί στο ηλεκτρόνιο σθένους του ατόμου ${}^3\text{Li}$ στη θεμελιώδη κατάσταση;

- A) (2, 1, 0, +1/2)
B) (2, 0, 0, +1/2)
Γ) (2, 1, 1, +1/2)
Δ) (1, 0, 0, -1/2) [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

12. Σε ποιο από τα παρακάτω άτομα ή ιόντα αντιστοιχεί η ηλεκτρονιακή δομή: $1s^2 2s^2 2p^6$:

- A) ${}_8\text{O}$ B) ${}_{11}\text{Na}$ Γ) ${}_8\text{O}^{2-}$ Δ) ${}_{10}\text{Ne}^+$ [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

13. Πόσα μονήρη ηλεκτρόνια διαθέτει στη θεμελιώδη κατάσταση το ιόν ${}_{28}\text{Ni}^{2+}$;

- A) 0 B) 2 Γ) 4 Δ) 6

14. Στη θεμελιώδη κατάσταση όλα τα ηλεκτρόνια σθένους ενός στοιχείου ανήκουν στην υποστιβάδα 3s. Το στοιχείο αυτό μπορεί να έχει ατομικό αριθμό ίσο με:

- A) 8 B) 10 Γ) 12 Δ) 13 [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

15. Σε ένα πολυηλεκτρονιακό άτομο ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων με κβαντικούς αριθμούς $n = 2$ και $m_\ell = 0$ είναι:

- A) οκτώ B) τέσσερα Γ) δύο Δ) ένα [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

16. Σε ένα πολυηλεκτρονιακό άτομο στη θεμελιώδη του κατάσταση, πόσα ηλεκτρόνια μπορούν να έχουν $\ell = 2$ και $n \leq 4$;

- A) μέχρι 2 B) μέχρι 4 Γ) μέχρι 10 Δ) μέχρι 20

17. Πόσα ηλεκτρόνια στη θεμελιώδη κατάσταση του στοιχείου ${}_{18}\text{Ar}$ έχουν μαγνητικό κβαντικό αριθμό $m_\ell = -1$;

- A) 6 B) 8 Γ) 4 Δ) 2

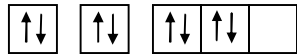
18. Ποιο από τα παρακάτω ατομικά τροχιακά ενός πολυηλεκτρονιακού ατόμου στη θεμελιώδη του κατάσταση έχει τη μεγαλύτερη ενέργεια; (οι αριθμοί στην παρένθεση αντιστοιχούν στους τρεις πρώτους κβαντικούς αριθμούς).

- A) (3, 1, 0) B) (3, 2, 0) Γ) (3, 0, 1) Δ) (4, 0, 0) [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

19. Να γραφούν οι τετράδες κβαντικών αριθμών για τα ηλεκτρόνια της υποστιβάδας με τη μεγαλύτερη ενέργεια για το άτομο του φωσφόρου ($Z = 15$).

20. Δίνεται ότι το στοιχείο Mo (μολυβδαίνιο έχει ατομικό αριθμό $Z = 42$). Ποια είναι η ηλεκτρονιακή δομή στη θεμελιώδη κατάσταση του ατόμου του καθώς και του ιόντος Mo^{3+} ; (2 μονάδες)

21. Η ηλεκτρονιακή δομή που ακολουθεί είναι αδύνατη.



Να εξηγήσετε το λόγο και να διατυπώσετε τον κανόνα ή την αρχή της ηλεκτρονιακής δόμησης που παραβιάζει. (5 μονάδες)

22. Να εξετάσετε αν οι προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή όχι. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας στις περιπτώσεις των λανθασμένων προτάσεων. (15 μονάδες)

A) Στα πολυηλεκτρονιακά άτομα οι ενεργειακές στάθμες των υποστιβάδων της ίδιας στιβάδας ταυτίζονται.

B) Η ηλεκτρονιακή δομή για το ιόν $_{29}\text{Cu}^+$ στη θεμελιώδη κατάσταση είναι: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^1$.

Γ) Αν το στοιχείο Σ σχηματίζει το κατιόν Σ^{3+} το οποίο διαθέτει 15 ηλεκτρόνια στη στοιβάδα M στη θεμελιώδη κατάσταση, ο ατομικός αριθμός του Σ θα είναι ίσος με 28.

Δ) Σ' ένα πολυηλεκτρονικό άτομο, πλην των ελκτικών δυνάμεων πυρήνα - ηλεκτρονίου (που καθορίζονται από τον κύριο κβαντικό αριθμό), ασκούνται απώσεις ηλεκτρονίου - ηλεκτρονίου (που καθορίζονται από το δευτερεύοντα κβαντικό αριθμό).

Ε) Ο μέγιστος κύριος κβαντικός αριθμός τροχιακού που περιέχει ηλεκτρόνια στο ιόν του $_{26}\text{Fe}^{2+}$ είναι 4. [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2016]

ΣΤ) Το ιόν $_{27}\text{Co}^{2+}$ και το άτομο του $_{25}\text{Mn}$, στη θεμελιώδη κατάσταση έχουν την ίδια ηλεκτρονιακή δομή.

23. Δίνεται το διπλανό διάγραμμα της ηλεκτρονιακής δόμησης του ατόμου ενός στοιχείου στη θεμελιώδη του κατάσταση:

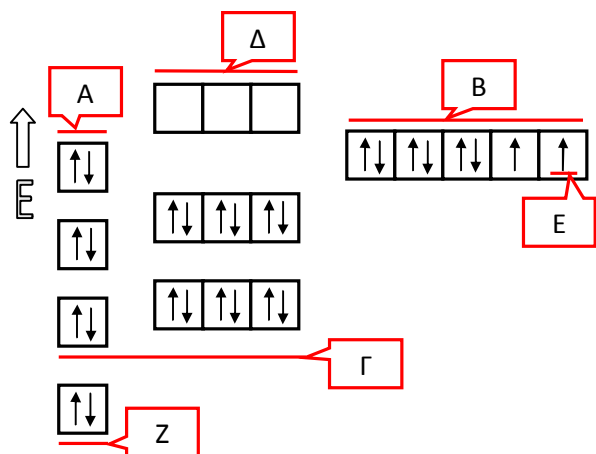
Με βάση το διάγραμμα αυτό:

α) Ποιος ο ατομικός αριθμός Z του στοιχείου;

β) Ποιος ο συμβολισμός και ποια η σειρά πλήρωσης των υποστιβάδων;

γ) Ποιο το συνολικό spin του ατόμου;

δ) Τι ετικέτες (ονομασίες) θα δίνετε στις γραμμές με τα γράμματα A, B, Γ, Δ, E και Z, αν διαθέτατε μόνο τις εξής: τροχιακό χαμηλότερης ενέργειας, p τροχιακό, κενή υποστιβάδα, υποστιβάδα p, ηλεκτρόνιο με $\ell = 3$, ηλεκτρόνιο με $m_\ell = 3$, μονήρες ηλεκτρόνιο, συμπληρωμένη στιβάδα, d υποστιβάδα, f υποστιβάδα, τροχιακό με $n = 4$. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κάθε ετικέτα μόνο μία φορά, ενώ μερικές από τις ετικέτες είναι λανθασμένες ή δεν θα χρησιμοποιηθούν).



(18 μονάδες)

Περιοδικός πίνακας:

• Περιοδικός πίνακας:

Σύμφωνα με το **νόμο περιοδικότητας του Moseley**, η χημική συμπεριφορά (οι ιδιότητες) των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού.

Ο περιοδικός πίνακας των στοιχείων είναι μια ταξινόμηση των στοιχείων κατ'αύξοντα ατομικό αριθμό, έτσι ώστε να βρίσκονται στην ίδια στήλη (το ένα κάτω από το άλλο) τα στοιχεία που έχουν παρόμοιες ιδιότητες.

Περιλαμβάνει 7 οριζόντιες γραμμές που ονομάζονται **περίοδοι**, και 18 κατακόρυφες στήλες, που ονομάζονται **ομάδες**.

Τα στοιχεία που ανήκουν στην ίδια περίοδο έχουν τον ίδιο αριθμό στιβάδων που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη ηλεκτρονιακή δόμηση του ατόμου του στοιχείου. Δηλαδή, ο αριθμός της περιόδου συμπίπτει με τον κύριο κβαντικό αριθμό της εξωτερικής στιβάδας.

Η ομάδα στην οποία ανήκει ένα στοιχείο, καθορίζεται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας (ηλεκτρόνια σθένους).

Τα στοιχεία που ανήκουν στην ίδια κύρια ομάδα του περιοδικού πίνακα έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική τους στιβάδα.

• Τομείς του περιοδικού πίνακα:

Τομέας του περιοδικού πίνακα ονομάζεται το σύνολο στοιχείων των οποίων τα άτομα έχουν τα τελευταία τους ηλεκτρόνια (με τη μέγιστη ενέργεια, σύμφωνα με την αρχή ηλεκτρονιακής δόμησης) στον ίδιο τύπο υποστιβάδας π.χ. s, p, d, f.

Ο περιοδικός πίνακας διαιρείται σε 4 τομείς, s, p, d, f.

• Τομέας s:

Περιλαμβάνει τα στοιχεία των ομάδων, τα άτομα των οποίων έχουν εξωτερική ηλεκτρονιακή δομή ns^x όπου $x = 1, 2$.

Ο τομέας s περιλαμβάνει δύο κύριες ομάδες του περιοδικού πίνακα: τα αλκάλια (Li, Na, K, ...) και τις αλκαλικές γαίες (Be, Mg, Ca, ...).

Τα στοιχεία αυτά αποτελούν τα δραστικά μέταλλα και μετατρέπονται σε κατιόντα, με φορτίο 1+ και 2+ αντίστοιχα. Οι ομάδες αυτές ονομάζονται:

Με βάση τους τομείς:	s ¹	s ²
Με την κλασική αρίθμηση:	IA	IIA
Με τη νέα αρίθμηση:	1	2



Παρατήρηση:

- α.** Τα αλκάλια έχουν εξωτερική ηλεκτρονιακή δομή ns^1 ενώ οι αλκαλικές γαίες ns^2 .
β. Το υδρογόνο ανήκει στον τομέα s και στην ΙΑ ομάδα, αλλά δεν είναι αλκάλιο ούτε μέταλλο, είναι αμέταλλο.

• **Τομέας p:**

Περιλαμβάνει τα στοιχεία, τα άτομα των οποίων έχουν εξωτερική ηλεκτρονιακή δομή $ns^2 np^x$. Οι ομάδες αυτές είναι η ομάδα του βορίου, του άνθρακα, του αζώτου, του θείου, των αλογόνων και των ευγενών αερίων όπου $x = 1, 2, 3, 4, 5, 6$.

Στον τομέα αυτό υπάρχουν, από αριστερά προς τα δεξιά, μέταλλα, ημιμέταλλα και αμέταλλα. Οι ομάδες αυτές είναι συνολικά 6 και ονομάζονται:

Με βάση τους τομείς:	p^1	p^2	p^3	p^4	p^5	p^6
Με την κλασική αρίθμηση:	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
Με τη νέα αρίθμηση:	13	14	15	16	17	18



Παρατήρηση:

- α.** Το He που έχει δομή $1s^2$, δεν ανήκει στον τομέα s, αλλά στον τομέα p.
β. Τα ευγενή αέρια έχουν συμπληρωμένη την εξωτερική τους στιβάδα.

Οι τομείς s, p περιέχουν όλες τις κύριες ομάδες του περιοδικού πίνακα στις οποίες ο λατινικός αριθμός της ομάδας (σύμφωνα με την κλασική αρίθμηση) ταυτίζεται με τον αριθμό των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας.

• **Τομέας d:**

Περιλαμβάνει τα στοιχεία των ομάδων από 3 μέχρι 12 (IB μέχρι VIIIB), τα άτομα των οποίων συμπληρώνουν σταδιακά με ηλεκτρόνια τροχιακά d της προτελευταίας στιβάδας τους.

Δηλαδή, έχουν ηλεκτρονιακή δομή $... (n-1)d^x ns^2$, με $x = 1, ..., 10$ και ανήκουν στις περιόδους 4 έως 7 του περιοδικού πίνακα.



Παρατήρηση:

Όταν $x = 5$ ή 10 , είναι σταθερότερη η ηλεκτρονιακή δομή $(n-1)d^5$ ή $10 ns^1$ ή ns^2 .

Τα στοιχεία αυτά είναι μέταλλα και οι ιδιότητες τους μεταπίπτουν ομαλά (από αριστερά προς τα δεξιά σε μία περίοδο) από τις ιδιότητες του τομέα s προς αυτές του τομέα p.

Τα στοιχεία αυτά χαρακτηρίζονται ως **στοιχεία μεταπτώσεως ή μεταβατικά στοιχεία**.

Οι ομάδες αυτές είναι συνολικά 10 και ονομάζονται:

Με βάση τους τομείς:	d ¹	d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	d ⁶	d ⁷	d ⁸	d ⁹	d ¹⁰
Με την κλασική αρίθμηση:	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIIIIB			IB	IIB
Με τη νέα αρίθμηση:	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

• Τομέας f:

Περιλαμβάνει στοιχεία των οποίων το τελευταίο ηλεκτρόνιο ανήκει σε f υποστιβάδα.

Τα άτομα τους συμπληρώνουν σταδιακά (από αριστερά προς τα δεξιά σε μία περίοδο) με ηλεκτρόνια τροχιακά f της προ-προτελευταίας στιβάδας, οπότε είναι της μορφής: $(n-2)f^x ns^2$, όπου $x = 1, 2, \dots, 14$ και περιλαμβάνει 28 στοιχεία, τα οποία βρίσκονται από 14, στην 6η και 7η περίοδο του περιοδικού πίνακα.

Στον τομέα αυτό ανήκουν οι λανθανίδες οι οποίες έχουν πολύ όμοιες ιδιότητες με το λανθάνιο (La), και τις ακτινίδες, που έχουν πολύ όμοιες ιδιότητες με το ακτίνιο (Ac) και βρίσκονται στην 6η και 7η περίοδο αντίστοιχα.

Τα στοιχεία αυτά χαρακτηρίζονται ως εσωτερικά στοιχεία μεταπτώσεως.



Παρατήρηση:

α. Όλα τα στοιχεία του τομέα f ανήκουν στην 3η ή στην IIIB ομάδα του περιοδικού πίνακα.

β. Οι λανθανίδες περιλαμβάνουν στοιχεία με ατομικούς αριθμούς 58 έως 71, ενώ οι ακτινίδες στοιχεία με ατομικούς αριθμούς 90 έως 103.

Οι τομείς d, f περιέχουν όλες τις δευτερεύουσες ομάδες του περιοδικού πίνακα.

Παράδειγμα:

α. Το $_{11}\text{Na}$ έχει ηλεκτρονιακή δομή: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ ή K(2), L(8), M(1). Συνεπώς βρίσκεται:

- Στην 3η περίοδο: (γιατί ο μέγιστος κύριος αριθμός είναι $n = 3$ ή τα ηλεκτρόνια κατανέμονται σε τρεις στιβάδες.)
- Στον s τομέα: (γιατί το τελευταίο ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε s υποστιβάδα.)
- Στην s^1 ή IA ή 1η ομάδα: (γιατί η ηλεκτρονιακή του δομή είναι της μορφής: $\dots ns^1$.)

β. Το ${}_9\text{F}$ έχει ηλεκτρονιακή δομή: $1s^2, 2s^2, 2p^5$ ή $\text{K}(2), \text{L}(7)$. Συνεπώς βρίσκεται:

- Στην 2η περίοδο: (γιατί ο μέγιστος κύριος αριθμός είναι $n = 2$ ή τα ηλεκτρόνια κατανέμονται σε δύο στιβάδες.)
- Στον p τομέα: (γιατί το τελευταίο ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε p υποστιβάδα.)
- Στην p^5 ή VIIA ή 17η ομάδα: (γιατί η ηλεκτρονιακή του δομή είναι της μορφής: ... np^5 .)

γ. Το ${}_{21}\text{Sc}$ έχει ηλεκτρονιακή δομή: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^1, 4s^2$ ή $\text{K}(2), \text{L}(8), \text{M}(9), \text{N}(2)$.

Συνεπώς βρίσκεται:

- Στην 4η περίοδο: (γιατί ο μέγιστος κύριος αριθμός είναι $n = 4$ ή τα ηλεκτρόνια κατανέμονται σε τέσσερις στιβάδες.)
- Στον d τομέα: (γιατί το τελευταίο ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε d υποστιβάδα, σύμφωνα με τους κανόνες ηλεκτρονιακής δομής, τελευταίο τοποθετείται το ηλεκτρόνιο της 3d υποστιβάδας και όχι της 4s.)
- Στην d^1 ή IIIV ή 3η ομάδα: (γιατί η ηλεκτρονιακή του δομή είναι της μορφής: ... $(n - 1)d^1 ns^2$.)

Περιοδικός πίνακας των στοιχείων																				
	1													Τομέας p					18	
	IA													VIIIA						
1	H	2	Πλήρωση υποστιβάδας 1s										13	14	15	16	17	He		
	1	IIA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	2		
2	Li	Be	Τομέας d										B	C	N	O	F	Ne		
	Πλήρωση 2s												Πλήρωση υποστιβάδας 2p							
	3	4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	5	6	7	8	9	10		
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar		
	Πλήρωση 3s												Πλήρωση υποστιβάδας 3p							
	11	12	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	VIII			IB	IIB	13	14	15	16	17	18		
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
	Πλήρωση 4s		Πλήρωση υποστιβάδας 3d											Πλήρωση υποστιβάδας 4p						
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
	Πλήρωση 5s		Πλήρωση υποστιβάδας 4d											Πλήρωση υποστιβάδας 5p						
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
6	Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
	Πλήρωση 6s		Πλήρης πλήρωση υποστιβάδας 5d											Πλήρωση υποστιβάδας 6p						
	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
7	Fr	Ra	**Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub								
	Πλήρωση 7s		Πλήρης 6d																	
	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112								
Τομέας f																				
*Σειρά Λανθανίου	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu						
	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71						
**Σειρά Ακτινίου	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr						
	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103						

Η ηλεκτρονιακή δομή των στοιχείων πολλές φορές δίνεται και με τη μορφή:

[προηγούμενο ευγενές αέριο] - εξωτερικές υποστιβάδες

π.χ.: Η ηλεκτρονιακή δομή του Na είναι: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ ή $[\text{Ne}]3s^1$.

Η ηλεκτρονιακή δομή του Br είναι: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2, 4p^5$ ή $[\text{Ar}]4s^2, 4p^5$.

• Στοιχεία μετάπτωσης:

Στοιχεία μετάπτωσης ονομάζονται τα στοιχεία που καταλαμβάνουν τον τομέα d του περιοδικού πίνακα.

Κατά την ηλεκτρονιακή δόμηση των στοιχείων αυτών, το τελευταίο ηλεκτρόνιο τοποθετείται στην προτελευταία υποστιβάδα, δηλαδή στην $(n-1)d$ υποστιβάδα, ενώ η ns υποστιβάδα είναι συμπληρωμένη σχεδόν σε όλα αυτά τα στοιχεία.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα στοιχεία μετάπτωσης που βρίσκονται στις τρεις πρώτες περιόδους του d τομέα. Τα στοιχεία αυτά δημιουργούν τις τρεις σειρές των στοιχείων μετάπτωσης.

• 1η σειρά:

Είναι τα στοιχεία της 4ης περιόδου. Στα στοιχεία αυτά γίνεται πλήρωση της 3d υποστιβάδας, ενώ η 4s είναι είδη συμπληρωμένη γιατί έχει μικρότερη ενέργεια.

• 2η σειρά:

Είναι τα στοιχεία της 5ης περιόδου. Στα στοιχεία αυτά γίνεται πλήρωση της 4d υποστιβάδας, ενώ η 5s είναι είδη συμπληρωμένη γιατί έχει μικρότερη ενέργεια.

• 3η σειρά:

Είναι τα στοιχεία της 6ης περιόδου. Στα στοιχεία αυτά γίνεται πλήρωση της 5d υποστιβάδας, ενώ η 6s είναι είδη συμπληρωμένη γιατί έχει μικρότερη ενέργεια.

Οι βασικές χαρακτηριστικές ιδιότητες των στοιχείων μεταπτώσεως είναι:

1. έχουν μεταλλικό χαρακτήρα
2. έχουν πολλούς αριθμούς οξείδωσης
3. είναι παραμαγνητικά
4. σχηματίζουν σύμπλοκα ιόντα
5. σχηματίζουν έγχρωμες ενώσεις
6. έχουν την ικανότητα να καταλύουν αντιδράσεις.

Παραμαγνητικές είναι οι ουσίες που έλκονται από το μαγνητικό πεδίο. Τα άτομα ή τα ιόντα αυτών των ουσιών περιέχουν ένα ή περισσότερα μονήρη ηλεκτρόνια.

Για τα **στοιχεία μετάπτωσης** ισχύει:

α) Με τη συνεχή αρίθμηση των ομάδων (1-18):

αριθμός ομάδας=

αριθμός $(n-1)d$ e + αριθμός ns e

β) Με την κλασική αρίθμηση των ομάδων (IB-VIIB):

αριθμός ομάδας=αριθμός e σθένους

[δεν προσμετρώνται τα e συμπληρωμένων d υποστιβάδων (d^{10})].

Οι ομάδες **8, 9** και **10**, επειδή τα στοιχεία τους έχουν πολύ παρόμοιες ιδιότητες, με την κλασική αρίθμηση των ομάδων αποτελούν μία ομάδα, την VIIB.

Οι κοινές ιδιότητες των στοιχείων μετάπτωσης οφείλονται στο ότι έχουν τον **ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική τους στιβάδα (ns^2)** και διαφέρουν μόνο στα $(n-1)d$ ηλεκτρόνια.



Παρατήρηση:

Το ${}_{24}\text{Cr}$ και ο ${}_{29}\text{Cu}$ παρουσιάζουν μια ιδιομορφία στην ηλεκτρονιακή τους δομή, δηλαδή έχουν στην τελευταία s υποστιβάδα ένα ηλεκτρόνιο ώστε η τελευταία d υποστιβάδα να είναι ημισυμπληρωμένη ή συμπληρωμένη αντίστοιχα.

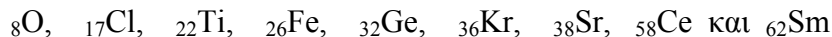
${}_{24}\text{Cr}: 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^5, 4s^1$

${}_{29}\text{Cu}: 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^1$

Δ) Περιοδικός Πίνακας

Εφαρμογές

1. Με βάση την ηλεκτρονική δομή των ατόμων τους να βρείτε σε ποιον τομέα, σε ποια περίοδο και σε ποια ομάδα του περιοδικού πίνακα ανήκουν τα στοιχεία:



2. Με βάση την ηλεκτρονική δομή των ατόμων τους να βρείτε ποια από τα επόμενα χημικά στοιχεία σχηματίζουν έγχρωμες ενώσεις και σύμπλοκα ιόντα:



3. Να γράψετε την ηλεκτρονική δομή σε υποστιβάδες των ατόμων στη θεμελιώδη κατάσταση και να υπολογίσετε τον ατομικό αριθμό των επόμενων χημικών στοιχείων:

α) Σ₁: ανήκει στην 4^η περίοδο και στην ΙΑ ομάδα

β) Σ₂: ανήκει στην 3^η περίοδο και στην 15η ομάδα

γ) Σ₃: είναι το τρίτο στοιχείο από τα ευγενή αέρια

δ) Σ₄: είναι το τρίτο στοιχείο από τα αλογόνα

ε) Σ₅: είναι το δεύτερο στοιχείο της 1ης σειράς των στοιχείων μετάπτωσης

στ) Σ₆: είναι το δεύτερο στοιχείο της 12ης ομάδας.

4. Να υπολογίσετε τους δυνατούς ατομικούς αριθμούς και την ομάδα του περιοδικού πίνακα στην οποία ανήκουν τα επόμενα χημικά στοιχεία:

α) Το χημικό στοιχείο Α ανήκει στην 3η περίοδο του περιοδικού πίνακα και το άτομό του στη θεμελιώδη κατάσταση έχει 2 μονήρη ηλεκτρόνια.

β) Το χημικό στοιχείο Β ανήκει στην 4η περίοδο του περιοδικού πίνακα και το άτομό του στη θεμελιώδη κατάσταση έχει 3 μονήρη ηλεκτρόνια.

5. Τα χημικά στοιχεία Α, Β και Γ έχουν ατομικούς αριθμούς ν, ν+1 και ν+3 αντίστοιχα. Το στοιχείο Β είναι ευγενές αέριο.

α) Σε ποια ομάδα του περιοδικού πίνακα ανήκουν τα χημικά στοιχεία Α και Β; Ποια είναι η ηλεκτρονική δομή της εξωτερικής στιβάδας για τα άτομα των χημικών στοιχείων Α και Β στη θεμελιώδη κατάσταση;

β) Το οξείδιο του χημικού στοιχείου Γ είναι όξινο ή βασικό;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Όλα τα θέματα αναφέρονται στη θεμελιώδη κατάσταση των ατόμων, εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά.

16.1. Ποιος από τους παρακάτω ατομικούς αριθμούς αντιστοιχεί σε στοιχείο που ανήκει στις αλκαλικές γαίες;
Α) 2 Β) 21 Γ) 12 Δ) 13

16.2. Ποιος ο ατομικός αριθμός ενός στοιχείου που ανήκει στην ίδια ομάδα του Π.Π. με τον άνθρακα (${}_6\text{C}$);
Α) 8 Β) 12 Γ) 14 Δ) 34

16.3. Με την εξαίρεση του ${}_2\text{He}$ η εξωτερική στιβάδα ενός ευγενούς αερίου εμφανίζει ηλεκτρονιακή δομή:
Α) $ns^2 np^6$ Β) $ns^2 np^5$ Γ) $(n-1)d^2 np^6$ Δ) $(n-1)d^5 np^1$

16.4. Το πρώτο στοιχείο του p τομέα του Π.Π. που ανήκει στην 3η περίοδο έχει ατομικό αριθμό $Z =$;
Α) 13 Β) 8 Γ) 10 Δ) 12

16.5. Η πρώτη σειρά των στοιχείων του d τομέα αρχίζει με τον ατομικό αριθμό:
Α) 11 Β) 13 Γ) 19 Δ) 21

16.6. Το πολώνιο (${}_{84}\text{Po}$) είναι ραδιενεργό στοιχείο με δομή: $[{}_{54}\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^4$ είναι. Σε ποια ομάδα του Π.Π. ανήκει;
Α) στη 2η Β) στη 14η Γ) στη 16η Δ) στη 18η

16.7. Τα στοιχεία μετάπτωσης:
Α) έχουν όλα συμπληρωμένη τη στιβάδα σθένους τους με οκτώ ηλεκτρόνια
Β) έχουν πάντα μερικά συμπληρωμένη μία p υποστιβάδα
Γ) έχουν κενές εσωτερικές στιβάδες
Δ) συνήθως διαθέτουν πολλούς αριθμούς οξείδωσης και σχηματίζουν έγχρωμες ενώσεις

16.8. Το ανιόν X^{3-} έχει δομή: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$. Σε ποια ομάδα του περιοδικού πίνακα ανήκει το στοιχείο X;
Α) 15η (VA) Β) 5η (VB) Γ) 18η (VIIIA) Δ) 13η (IIIA)

16.9. Το κατιόν Y^{3+} παρουσιάζει ηλεκτρονιακή δομή: $1s^2 2s^2 2p^6$. Σε ποια ομάδα του περιοδικού πίνακα ανήκει το στοιχείο Y;
Α) 15η (VA) Β) 5η (VB) Γ) 18η (VIIIA) Δ) 13η (IIIA)

16.10. Ποια από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι λανθασμένη;
Α) Στο άτομο του ${}_{31}\text{Ga}$ η ενέργεια ενός ηλεκτρονίου της υποστιβάδας 4s είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια ενός ηλεκτρονίου της υποστιβάδας 3d
Β) Τα στοιχεία ${}_{12}\text{Mg}$ και ${}_{30}\text{Zn}$ ανήκουν στην ίδια ομάδα του περιοδικού πίνακα
Γ) Τα στοιχεία: ${}_4\text{Be}$ και ${}_{12}\text{Mg}$ ανήκουν στην ίδια ομάδα του περιοδικού πίνακα
Δ) Κάποια στοιχεία της 2ης (IIA) ομάδας του περιοδικού πίνακα διαθέτουν συμπληρωμένες d υποστιβάδες.

16.11. Το άτομο του ${}_{10}\text{Ne}$ στη θεμελιώδη του κατάσταση:

Α) έχει άθροισμα κβαντικών αριθμών spin ίσο με 2
Β) ανήκει στην 8η (VIIIB) ομάδα του Π.Π.
Γ) διαθέτει 6 ηλεκτρόνια σθένους
Δ) εμφανίζει άθροισμα όλων των κβαντικών αριθμών όλων των ηλεκτρονίων του ίσο με 24

16.12. Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις Α - ΣΤ ως σωστές ή όχι. Στην περίπτωση λανθασμένων προτάσεων να αιτιολογηθεί η επιλογή.

Α) Στοιχείο το άτομο του οποίου έχει δομή $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$ ανήκει στον d τομέα.

Β) Παραμαγνητικά στοιχεία είναι όχι μόνο στοιχεία μετάπτωσης αλλά και άλλα στοιχεία με μονήρη ηλεκτρόνια.

Γ) Από τα οξείδια των στοιχείων ${}_{13}\text{Al}$, ${}_{17}\text{Cl}$, ${}_{19}\text{K}$ και ${}_{20}\text{Ca}$ με τύπους, Al_2O_3 , Cl_2O_7 , K_2O και CaO , περισσότερο όξινο είναι το Cl_2O_7 .

Δ) Η 2η σειρά των στοιχείων μετάπτωσης είναι στην 5η περίοδο και σε αυτήν συμπληρώνεται η υποστιβάδα 4d.

Ε) Οι λανθανίδες ανήκουν στην 6η περίοδο και περιλαμβάνουν στοιχεία με $Z = 58-71$ στα οποία συμπληρώνεται η υποστιβάδα 4f.

ΣΤ) Το Mg ανήκει στις αλκαλικές γαίες (2η ομάδα) και σχηματίζει οξείδιο με τύπο MgO , που είναι στερεό με υψηλό σημείο τήξης.

16.13. Δίνονται οι δομές των ατόμων των στοιχείων Α - Ε:

Α	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
Β	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
Γ	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$
Δ	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^2$
Ε	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6$

Ποιο ή ποια από τα στοιχεία αυτά:

α) Είναι ευγενές αέριο.

β) Είναι αλκαλική γαία.

γ) Είναι στοιχείο του d τομέα.

δ) Ανήκει στη 13η (IIIA) ομάδα.

16.14. Ποιος ο ατομικός αριθμός Z ενός στοιχείου X της 4ης περιόδου του περιοδικού πίνακα του οποίου το κατιόν X^{3+} διαθέτει ημισυμπληρωμένη d υποστιβάδα (d^5); Σε ποια ομάδα ανήκει το στοιχείο αυτό;

16.15. Τα στοιχεία ποιας ομάδας του d τομέα του περιοδικού πίνακα έχουν άθροισμα κβαντικών αριθμών spin ίσο με 0;

16.16. Το ${}_{20}\text{Ca}$ και το ${}_{30}\text{Zn}$ διαθέτουν την ίδια δομή της εξωτερικής στιβάδας ($4s^2$). Να εξηγήσετε γιατί δεν ανήκουν στην ίδια ομάδα του περιοδικού πίνακα.

16.17. Το στοιχείο με $Z = 114$ έχει σχετικά πρόσφατα ανακαλυφθεί και ανήκει στην ίδια ομάδα με το στοιχείο ${}_{82}\text{Pb}$. Να εξηγήσετε γιατί.

16.18. Ένα στοιχείο έχει στη θεμελιώδη του κατάσταση 5 ηλεκτρόνια σε υποστιβάδες με $\ell = 0$. Να προσδιοριστούν:
α) Ο ατομικός αριθμός του στοιχείου.
β) Η θέση του στοιχείου στον περιοδικό πίνακα (ομάδα και περίοδος).

3.19. Το βρώμιο (Br) είναι το 3ο στοιχείο της ομάδας των αλογόνων. Να γράψετε:
α) Την ομάδα και την περίοδο στην οποία ανήκει το στοιχείο αυτό.
β) i. Τον ολικό αριθμό των p ηλεκτρονίων καθώς και ii. τον αριθμό των d ηλεκτρονίων του ατόμου στη θεμελιώδη του κατάσταση.

16.20. Με βάση τη θέση στον περιοδικό πίνακα (ομάδα και περίοδος) των στοιχείων που ακολουθούν, να προβλέψετε την ηλεκτρονιακή τους δομή στη θεμελιώδη κατάσταση.
α) Ca: 2η (IIA) ομάδα, 4η περίοδος
β) Sr: 2η (IIA) ομάδα, 5η περίοδος
γ) P: 15η (VA) ομάδα, 3η περίοδος
δ) Cu: 11η (IB) ομάδα, 4η περίοδος
ε) Sb: 15η (VA) ομάδα, 5η περίοδος
ζ) Se: 16η (VIA) ομάδα, 4η περίοδος
η) Ni: 10η (VIII) ομάδα, 4η περίοδος
Να αρχίσετε την ηλεκτρονιακή δομή από αυτή του προηγούμενου ευγενούς αερίου καθενός στοιχείου. Δίνονται οι ατομικοί αριθμοί των ευγενών αερίων, Ne:10, Ar:18 και Kr:36.

16.21. Δίνονται τα άτομα στη θεμελιώδη τους κατάσταση των στοιχείων A, B, Γ, Δ και E (σε παρένθεση οι δομές εξωτερικής στιβάδας): A ($1s^2$), B ($2s^2 2p^3$), Γ ($3s^1$), Δ ($3s^2 3p^6$), E ($3s^2 3p^3$). Σε ποια ομάδα, περίοδο και τομέα ανήκει καθένα από τα στοιχεία αυτά;

16.22. Ποιες υποστιβάδες συμπληρώνονται από αριστερά προς τα δεξιά στην 3η, στην 4η και στην 5η περίοδο του Π.Π.;

16.23. Να εντοπίσετε την ομάδα στην οποία ανήκει στοιχείο του οποίου το τελευταίο ηλεκτρόνιο:
α) Τοποθετείται αλλά δεν συμπληρώνει μια s υποστιβάδα.
β) Είναι το πρώτο που τοποθετείται σε μία d υποστιβάδα.
γ) Τοποθετείται και συμπληρώνει μία p υποστιβάδα.
δ) Τοποθετείται και συμπληρώνει μία s υποστιβάδα.
ε) Ημισυμπληρώνει μία d υποστιβάδα.

16.24. Στοιχείο M έχει άθροισμα κβαντικών αριθμών spin ίσο με το 0 στη θεμελιώδη του κατάσταση και ανήκει στην 4η περίοδο του περιοδικού πίνακα.
α) Σε ποια ή ποιες ομάδες του περιοδικού πίνακα είναι δυνατόν να ανήκει το στοιχείο M;
β) Ποιοι οι δυνατοί ατομικοί του αριθμοί του στοιχείου;

16.25. Το ιόν M^{2+} του στοιχείου M της 4ης περιόδου του Π.Π. έχει δομή $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$.

α) Ποιος ο ατομικός αριθμός του M;
β) Σε ποιο τομέα και σε ποια ομάδα ανήκει το στοιχείο M;
γ) Πόσα ηλεκτρόνια με $\ell = 0$ και πόσα ηλεκτρόνια με $m_\ell = 1$ διαθέτει το άτομο του στοιχείου M;
δ) Σε ποιο τομέα, περίοδο και τομέα ανήκει ένα άλλο στοιχείο N το άτομο του οποίου είναι ισοηλεκτρονιακό με το ιόν M^{2+} ;

16.26. Δίνονται τα στοιχεία A, B, Γ, Δ, E και Z και οι αντίστοιχες ηλεκτρονιακές δομές των ατόμων στη θεμελιώδη τους κατάσταση:
A: $1s^2 2s^2 2p^5$
B: $1s^2 2s^1$
Γ: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
Δ: $1s^2 2s^2 2p^6$
E: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$
Z: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
Να ταξινομήσετε τα παραπάνω στοιχεία σε ομάδες τα μέλη των οποίων να έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες.

16.27. Οι ατομικοί αριθμοί των ατόμων των στοιχείων A, B και Γ είναι, αντίστοιχα Z, Z+1 και Z+2. Το στοιχείο B είναι ευγενές αέριο και ανήκει στην 3η περίοδο.
α) Σε ποια ομάδα, περίοδο και τομέα ανήκουν τα A, B και Γ;
β) Ποιες είναι οι ηλεκτρονιακές τους δομές των παραπάνω στοιχείων στη θεμελιώδη τους κατάσταση;

16.28. Το στοιχείο X ανήκει στην 3η περίοδο και έχει 6 ηλεκτρόνια σθένους.
α) Ποιος ο τομέας και η ομάδα του Π.Π. που ανήκει το στοιχείο X και ποιος ο ατομικός του αριθμός;
β) Ποιος ο χαρακτήρας των δεσμών (ιοντικοί ή ομοιοπολικοί) των ενώσεων XO_3 και X_2Cl_2 που σχηματίζει το στοιχείο X με το οξυγόνο και το χλώριο, αντίστοιχα;

16.29. Βλέποντας τη θέση των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα να γράψετε τον αριθμό των:
α) 2p ηλεκτρονίων του ${}_{7}N$.
β) 5s ηλεκτρονίων του ${}_{37}Rb$.
γ) 4d ηλεκτρονίων του ${}_{33}As$.
δ) 4f ηλεκτρονίων του ${}_{80}Hg$.
Τα άτομα να θεωρηθούν στη θεμελιώδη τους κατάσταση.

16.30. α) Πόσες ομάδες υπάρχουν σε καθένα από τους 4 τομείς του Π.Π.;
β) Σε ποιο τομέα και σε ποια ομάδα του Π.Π. ανήκουν τα στοιχεία των οποίων η ηλεκτρονιακή δομή είναι: i. $[{}_{54}Xe] 6s^2$, ii. $[{}_{36}Kr] 4d^{10} 5s^2 5p^1$, iii. $[{}_{36}Kr] 4d^{10} 5s^2 5p^5$.

16.31. Να εξηγήσετε γιατί ο ${}_{30}Zn$ αναφέρεται ως στοιχείο μετάπτωσης. Παρόλα αυτά κατά IUPAC δεν χαρακτηρίζεται ως στοιχείο μετάπτωσης. Να αναφέρετε τρεις λόγους που να συνηγορούν σε αυτό.

16.32. Ένα στοιχείο X έχει $Z = 20$.

- α) Σε ποια ομάδα, περίοδο και τομέα ανήκει;
β) Ποιος ο ατομικός αριθμός του αμέσως επόμενου στοιχείου Y, που ανήκει στην ίδια ομάδα με το X;
γ) Ποια η ηλεκτρονιακή δομή στη θεμελιώδη κατάσταση του αμέσως επόμενου στοιχείου Z, που ανήκει στην ίδια περίοδο με το X;
δ) Να γράψετε το χημικό τύπο των ενώσεων του X με i. το Cl και ii. με το O και να τις χαρακτηρίσετε ως ιοντικές ή ομοιοπολικές. Δίνονται οι ατομικοί αριθμοί, Cl:17, O:8.

16.33. Τα στοιχεία Na, Mg, Si, Cl και Ar ανήκουν όλα στην 3η περίοδο και στις ομάδες 1η, 2η, 14η, 17η και 18η, αντίστοιχα.

- Να γράψετε τις ηλεκτρονιακές δομές των ατόμων των στοιχείων αυτών στη θεμελιώδη τους κατάσταση.
- Να προβλέψετε τις ηλεκτρονιακές δομές των αμέσως από κάτω στοιχείων της ομάδας που ανήκουν.
- Να χαρακτηρίσετε τα χλωρίδια του Na, του Mg και του Si ως ιοντικά ή ομοιοπολικά.
- Να χαρακτηρίσετε τα οξείδια του Na, του Mg, του Si και του Cl ως ιοντικά ή ομοιοπολικά και ως όξινα ή βασικά.

16.34. Να προσδιορίσετε τη θέση στον περιοδικό πίνακα στοιχείων με τα εξής χαρακτηριστικά:

- α) Στοιχείο που σχηματίζει τρισθενές κατιόν με δομή $1s^2 2s^2 2p^6$.
- β) Στοιχείο που σχηματίζει δισθενές κατιόν με δομή $[_{36}\text{Kr}] 4d^{10} 5s^2$.
- γ) Στοιχείο που σχηματίζει μονοσθενές κατιόν με δομή ίδια με του $_{36}\text{Kr}$.
- δ) Στοιχείο το άτομο του οποίου στη θεμελιώδη κατάσταση διαθέτει δύο μόνο ηλεκτρόνια τύπου p στη στιβάδα N.
- ε) Το πρώτο στοιχείο του τομέα d.
- ζ) Στοιχείο που ανήκει στα στοιχεία μετάπτωσης της 4ης περιόδου με συμπληρωμένη, όμως, την υποστιβάδα d.
- η) Στοιχείο που έχει το μεγαλύτερο ατομικό αριθμό από όλα τα στοιχεία του τομέα s.
- θ) Στοιχείο που έχει στη θεμελιώδη κατάσταση άθροισμα κβαντικών αριθμών spin $3/2$.

16.35. Δίνονται τα στοιχεία ^{27}Co , ^{38}Sr , ^{49}In και ^{59}Pr . Να ταξινομήσετε τα ηλεκτρόνια των ατόμων αυτών στη θεμελιώδη τους κατάσταση σε στιβάδες και σε υποστιβάδες και να απαντήσετε στις ερωτήσεις που ακολουθούν.

- α) Ποια από τα στοιχεία αυτά έχουν το ίδιο άθροισμα κβα-
ντικών αριθμών spin;
β) Σε ποιους τομείς ανήκει καθένα από τα παραπάνω στοι-
χεία; Ποιο από τα στοιχεία είναι παραμαγνητικό, σχηματί-
ζει πολλές έγχρωμες ενώσεις και σύμπλοκα ιόντα;
γ) Να προβλέψετε τον ατομικό αριθμό των στοιχείων της
3ης περιόδου του Π.Π. που ανήκουν στην ίδια ομάδα με τα
στοιχεία $_{27}\text{Co}$, $_{38}\text{Sr}$ και $_{49}\text{In}$.

16.36. Τα άτομα δύο στοιχείων μετάπτωσης της 4ης περιόδου του περιοδικού πίνακα διαθέτουν τον ίδιο αριθμό ($x \neq 0$) ασύζευκτων ηλεκτρονίων στην 3d υποστιβάδα στη θεμελιώδη τους κατάσταση. Ποιοι οι δυνατοί ατομικοί αριθμοί των δύο αυτών στοιχείων; Να εξεταστούν όλες οι δυνατές περιπτώσεις.

16.37. Να σημειώσετε στην κατάλληλη θέση του κενού περιοδικού πίνακα που ακολουθεί:

- α) Το ευγενές αέριο Α που ανήκει στην 5η περίοδο.
 β) Τα στοιχεία Β της 6ης περιόδου, που τα άτομά τους έχουν δύο μονήρη ηλεκτρόνια σε p τροχιακά.
 γ) Το στοιχείο Γ του s τομέα με δομή εξωτερικής στιβάδας $4s^1$.
 δ) Το στοιχείο Δ του d τομέα της 4ης περιόδου με δομή d^8 .
 ε) Το στοιχείο Ε με δομή $1s^2 2s^2 2p^4$.
 ζ) Το στοιχείο Ζ με δομή $[_{10}\text{Ne}] 3s^2 3p^5$.
 η) Το στοιχείο Η με δομή $[_{36}\text{Kr}] 5s^1$.
 θ) Το στοιχείο Θ με δομή $[_{18}\text{Ar}] 3d^5 4s^2$.
 ι) Το στοιχείο Ι με δομή $[_{18}\text{Ar}] 3d^{10} 4s^1$.

ΦΥΛΛΑΔΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 16

Στις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής 1 - 13 να σημειώσετε απλά τη σωστή απάντηση ($4 \times 13 = 52$ μονάδες).

1. Το σύνολο των στοιχείων που ανήκουν στις κύριες ομάδες του περιοδικού πίνακα βρίσκονται στους τομείς:
Α) s Β) p Γ) s και p Δ) s, p και d
[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

2. Ποια από τις παρακάτω ηλεκτρονιακές δομές αποδίδει τη δομή ατόμου στοιχείου του τομέα s στη θεμελιώδη κατάσταση;
Α) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
Β) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
Γ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$
Δ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^3$
[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

3. Η δομή της εξωτερικής στιβάδας για τα στοιχεία της 16ης ομάδας του Π.Π. είναι:
Α) ns^2 Β) $np^2 nd^4$ Γ) $ns^2 np^6$ Δ) $ns^2 np^4$

4. Το στοιχείο με δομή $1s^2$ ανήκει:
Α) στη 2η (IIA) ομάδα Β) στη 2η περίοδο
Γ) στη 18η (VIIIA) ομάδα Δ) στις αλκαλικές γαίες

5. Το στοιχείο $_{13}\text{Al}$ ανήκει:
Α) στη 2η περίοδο, 13η (IIIA) ομάδα και τομέα p του περιοδικού πίνακα
Β) στην 3η περίοδο, 15η (VA) ομάδα και τομέα p του περιοδικού πίνακα
Γ) στην 3η περίοδο, 13η (IIIA) ομάδα και τομέα p του περιοδικού πίνακα
Δ) στην 3η περίοδο, 1η ομάδα και τομέα d του περιοδικού πίνακα.
[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

6. Το άτομο ενός στοιχείου με 2 ηλεκτρόνια στην υποστιβάδα 3d (στη θεμελιώδη του κατάσταση) έχει ατομικό αριθμό Z ίσο με:
Α) 10 και ανήκει στην 14η (IVA) ομάδα του Π.Π.
Β) 12 και είναι στον d τομέα του Π.Π.
Γ) 21 και ανήκει στα αλκάλια
Δ) 22 και είναι στοιχείο μετάπτωσης

7. Ένα στοιχείο ανήκει στον τομέα p του περιοδικού πίνακα όταν το άτομό του στη θεμελιώδη κατάσταση:
Α) διαθέτει συμπληρωμένη p υποστιβάδα
Β) διαθέτει ηλεκτρόνια σε p τροχιακά
Γ) διαθέτει τα ηλεκτρόνια υψηλότερης ενέργειας σε υποστιβάδα p
Δ) διαθέτει κενή p υποστιβάδα

8. Ποιο από τα παρακάτω στοιχεία έχει παρόμοιες ιδιότητες με το $_{34}\text{Se}$;
Α) $_{7}\text{N}$ Β) $_{8}\text{O}$ Γ) $_{9}\text{F}$ Δ) $_{11}\text{Na}$

9. Ποιο από τα ιόντα $_{29}\text{Cu}^+$ και $_{29}\text{Cu}^{2+}$ είναι παραμαγνητικό;
Α) Το ιόν Cu^+ Β) Το ιόν Cu^{2+}
Γ) Κανένα Δ) Και τα δύο

10. Το στοιχείο X, που ανήκει στην 3η περίοδο του περιοδικού πίνακα και του οποίου το ανιόν X^{2-} έχει δομή ευγενούς αερίου, έχει Z =:
Α) 16 Β) 18 Γ) 20 Δ) 34
[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

11. Το πρώτο στοιχείο του περιοδικού πίνακα που έχει πλήρως συμπληρωμένα 3 ατομικά τροχιακά, έχει ατομικό αριθμό Z = :
Α) 5 Β) 6 Γ) 8 Δ) 10
[Π.Μ.Δ.Χ.]

12. Για τα στοιχεία της 4ης περιόδου του Π.Π. ποιες υποστιβάδες συμπληρώνονται από αριστερά προς τα δεξιά;
Α) 4s, 3d, 4p Β) 4s, 4p
Γ) 4s, 4p, 4d Δ) 4s, 4p, 4d, 4f

13. Στην 4η περίοδο του περιοδικού πίνακα πόσα στοιχεία έχουν ένα ή περισσότερα 3d ηλεκτρόνια;
Α) 0 Β) 10 Γ) 8 Δ) 16

14. Να χαρακτηρίσετε κάθε μία από τις παρακάτω προτάσεις ως σωστή ή όχι. Στην περίπτωση λανθασμένων προτάσεων να αιτιολογήσετε την επιλογή σας. (18 μονάδες)
Α) Η ηλεκτρονιακή δομή της εξωτερικής στιβάδας όλων των ευγενών αερίων είναι $ns^2 np^6$.

Β) Τα άτομα του $_{20}\text{Ca}$ και του $_{28}\text{Ni}$ είναι παραμαγνητικά.

[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2016]

Γ) Στοιχείο του οποίου το άτομο στη θεμελιώδη του κατάσταση έχει ηλεκτρονιακή δομή $[\text{He}] 2s^2 2p^3$, ανήκει στη 13η ομάδα (IIIA) του περιοδικού πίνακα.

Δ) Τα ευγενή αέρια δεν διαθέτουν ηλεκτρόνια σε υποστιβάδες d ή f.

Ε) Σύμφωνα με το νόμο περιοδικότητας του Moseley «η χημική συμπεριφορά των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού».

ΣΤ) Το BeO και το Al_2O_3 είναι επαμφοτερίζοντα οξείδια.

15. Τα στοιχεία της τρίτης περιόδου του περιοδικού πίνακα $_{11}\text{Na}$, $_{12}\text{Mg}$, $_{13}\text{Al}$ και $_{16}\text{S}$ σχηματίζουν, αντίστοιχα, τα οξείδια: Na_2O , MgO , Al_2O_3 και SO_3 . Να χαρακτηρίσετε τα οξείδια αυτά ως όξινα, βασικά ή επαμφοτερίζοντα. [ΞΕΤΑΣΕΙΣ] (4 μονάδες)

16. Να αναφερθούν τα κοινά χαρακτηριστικά των στοιχείων μετάπτωσης. **(6 μονάδες)**

17. Ζητήσαμε από δύο μαθητές Α και Β να σχεδιάσουν τον περιοδικό πίνακα των στοιχείων και πήραμε τα εξής σχέδια:

[illegible]

Μαθητής Β

Είναι κάποιο από τα σχέδια αυτά σωστό; Να επισημάνετε τα τυχόν λάθη. (4 μονάδες)

18. Δίνονται τα στοιχεία $_{11}\text{X}$ και $_9\text{Y}$.

- α) Πώς κατανέμονται τα ηλεκτρόνια των ατόμων X και Ψ σε υποστιβάδες, όταν αυτά βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση;
β) Σε ποια ομάδα και ποιον τομέα του Π.Π. ανήκουν τα στοιχεία X και Ψ;
γ) Να προσδιορίσετε τους ατομικούς αριθμούς των στοιχείων που βρίσκονται στις ίδιες ομάδες με τα X και Y και στην αμέσως επόμενη περίοδο του Π.Π. (6 μονάδες)

19. Στοιχείο (Α) ανήκει σε κύρια ομάδα του περιοδικού πίνακα και περιβάλλεται αριστερά και δεξιά από δύο άλλα στοιχεία, αντίστοιχα το Β και το Γ, τα άτομα των οποίων διαθέτουν από δύο μονήρη ηλεκτρόνια, στη θεμελιώδη τους κατάσταση.

- α) Σε ποιες ομάδες ανήκουν τα στοιχεία Α, Β και Γ;
 β) Αν είναι εμπιλέον γνωστό ότι το στοιχείο Α είναι το 2ο στοιχείο της ομάδας του, πόσα ηλεκτρόνια με $m_l = 1$ διαθέτει το άτομό του, στη θεμελιώδη του κατάσταση;
 γ) Ποιοι οι ατομικοί αριθμοί των στοιχείων Δ και Ε που βρίσκονται ακριβώς κάτω από τα στοιχεία Β και Γ, αντίστοιχα, στον περιοδικό πίνακα;
 δ) Ποιος ο ελάχιστος ατομικός αριθμός (Ζ) ενός στοιχείου που ανήκει στην ίδια ομάδα με το στοιχείο Α και διαθέτει ηλεκτρόνια σε f υποστιβάδα; **(10 μονάδες)**

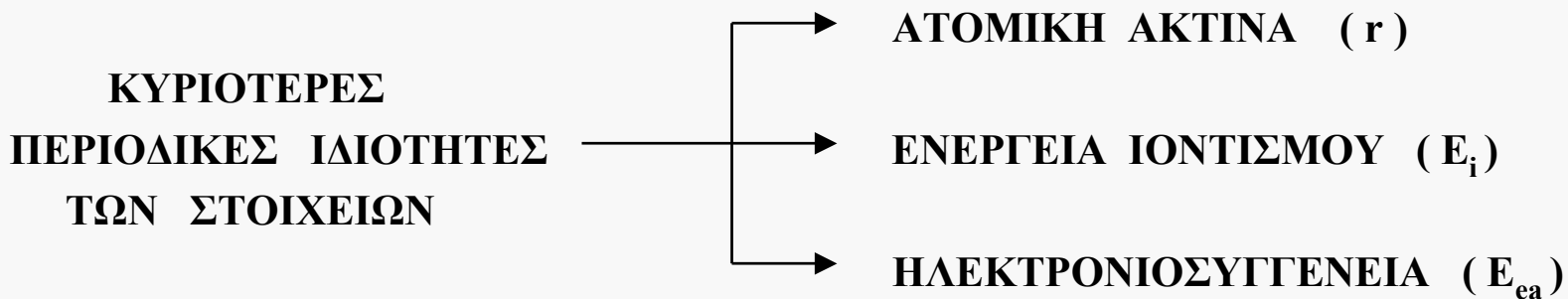
1.4 ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

Περιοδικές ιδιότητες των στοιχείων είναι αυτές που μεταβάλλονται περιοδικά σε σχέση με τον ατομικό αριθμό - δηλαδή αυτές που επαναλαμβάνονται παρόμοιες μετά από ορισμένο αριθμό στοιχείων.

Οφείλονται κατά κύριο λόγο **στα ηλεκτρόνια σθένους** των ατόμων τους (η περιοδικότητα που εμφανίζεται στην ηλεκτρονική δομή των στιβάδων σθένους των ατόμων των στοιχείων, αντανακλάται στην περιοδικότητα αυτών των ιδιοτήτων τους).

Οι ιδιότητες αυτές σχετίζονται μεταξύ τους και επειδή καθορίζουν τη φυσικοχημική συμπεριφορά των στοιχείων, αποτελούν τα **θεμελιώδη χαρακτηριστικά του ατόμου**.

Κάποιες άλλες ιδιότητες των στοιχείων χαρακτηρίζονται **κανονικές**, αφού μεταβάλλονται μονοτονικά με αυξανόμενο ατομικό αριθμό. Τέτοιες είναι όσες οφείλονται κυρίως στα εσωτερικά ηλεκτρόνια και το φορτίο του πυρήνα, π.χ. τα φάσματα Röntgen (ακτίνων X).



Μεταβολή ορισμένων χημικών ιδιοτήτων:

Η χημική συμπεριφορά ενός στοιχείου εξαρτάται άμεσα από την ηλεκτρονιακή του δομή και κυρίως τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας (ηλεκτρόνια σθένους).

Η ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων όμως, μεταβάλλεται περιοδικά σε σχέση με τον ατομικό τους αριθμό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ορισμένες ιδιότητες των στοιχείων που συνδέονται άμεσα με τη φυσική και τη χημική συμπεριφορά τους να συσχετίζονται με τη θέση του ατόμου στον περιοδικό πίνακα. Τέτοιες ιδιότητες είναι:

α. Η ατομική ακτίνα

β. Η ενέργεια ιοντισμού

γ. Η ηλεκτρονιοσυγγένεια

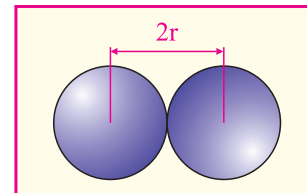
• Η ατομική ακτίνα:

Ορίζεται ως το μισό της απόστασης μεταξύ των πυρήνων δυο γειτονικών ατόμων, όπως αυτά διατάσσονται στο κρυσταλλικό πλέγμα του στοιχείου.

Η ατομική ακτίνα είναι μία χαρακτηριστική περιοδική ιδιότητα για την οποία ισχύουν τα παρακάτω:

Κατά μήκος μιας περιόδου η ατομική ακτίνα ελαττώνεται από τα αριστερά προς τα δεξιά.

Αυτό συμβαίνει γιατί όσο πηγαίνουμε προς τα δεξιά του περιοδικού πίνακα αυξάνεται ο ατομικός αριθμός (Z), προσθέτονται ηλεκτρόνια στην ίδια εξωτερική στιβάδα και συγχρόνως προσθέτονται πρωτόνια στον πυρήνα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έλκονται ισχυρότερα τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας από το αυξανόμενο δραστικό πυρηνικό φορτίο του ατόμου και να μειώνεται η ατομική ακτίνα.

**Παρατήρηση:**

Δραστικό πυρηνικό φορτίο είναι κατά προσέγγιση το φορτίο του πυρήνα μειωμένο κατά το φορτίο των ηλεκτρονίων των εσωτερικών στιβάδων.

Σε μια ομάδα του περιοδικού πίνακα η ατομική ακτίνα αυξάνεται καθώς προχωρούμε από πάνω προς τα κάτω.

Αυτό συμβαίνει γιατί καθώς αυξάνεται ο ατομικός αριθμός, προστίθενται στιβάδες στο άτομο, μεγαλώνει η απόσταση των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας - πυρήνα, οπότε η έλξη των ηλεκτρονίων εξωτερικής στιβάδας - πυρήνα μειώνεται και συνεπώς η ατομική ακτίνα αυξάνεται.

Ατομικές ακτίνες ορισμένων στοιχείων των κύριων ομάδων του περιοδικού πίνακα (σε nm).

	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
1	Li  0,152	Be  0,111	B  0,088	C  0,077	N  0,070	O  0,066	F  0,064
2	Na  0,186	Mg  0,160	Al  0,143	Si  0,117	P  0,110	S  0,104	Cl  0,099
3	K  0,231	Ca  0,197	Ga  0,122	Ge  0,122	As  0,121	Se  0,116	Br  0,115
4	Rb  0,244	Sr  0,215	In  0,162	Sn  0,114	Sb  0,141	Te  0,137	I  0,133
5	Cs  0,262	Ba  0,217	Tl  0,171	Pb  0,175	Bi  0,146	Po  0,152	At  0,140

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η ατομική ακτίνα να αυξάνεται από δεξιά προς τα αριστερά και από πάνω προς τα κάτω στο περιοδικό πίνακα.

Στα στοιχεία μεταπτώσεως, η αύξηση του ατομικού αριθμού συνοδεύεται από μικρή ελάττωση της ατομικής ακτίνας, γιατί τα επιπλέον ηλεκτρόνια που προστίθενται συμπληρώνουν εσωτερικές υποστιβάδες d, που ελάχιστα επηρεάζουν την ατομική ακτίνα.

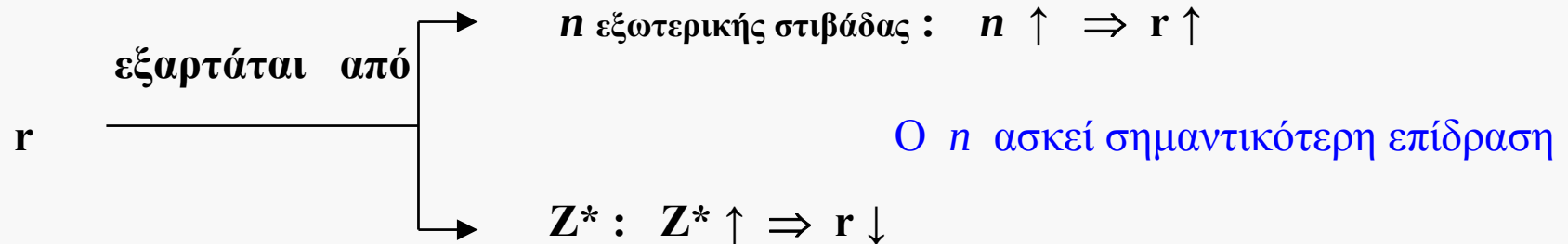
ΑΤΟΜΙΚΗ ΑΚΤΙΝΑ (r)

Ορίζεται ως το μισό της απόστασης δύο γειτονικών πυρήνων στο κρυσταλλικό πλέγμα στοιχείου.

Εκφράζει τη μέση απόσταση των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας από τον πυρήνα του ατόμου.

Καθορίζει το μέγεθος του ατόμου, καθώς και την ελκτική δύναμη που ασκεί ο πυρήνας στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας.

$r \uparrow \Rightarrow$	ελκτική δύναμη $\downarrow \Rightarrow$	ευκολότερη αποβολή ηλεκτρονίων
		δυσκολότερη πρόσληψη ηλεκτρονίων
$r \downarrow \Rightarrow$	ελκτική δύναμη $\uparrow \Rightarrow$	δυσκολότερη αποβολή ηλεκτρονίων
		ευκολότερη πρόσληψη ηλεκτρονίων



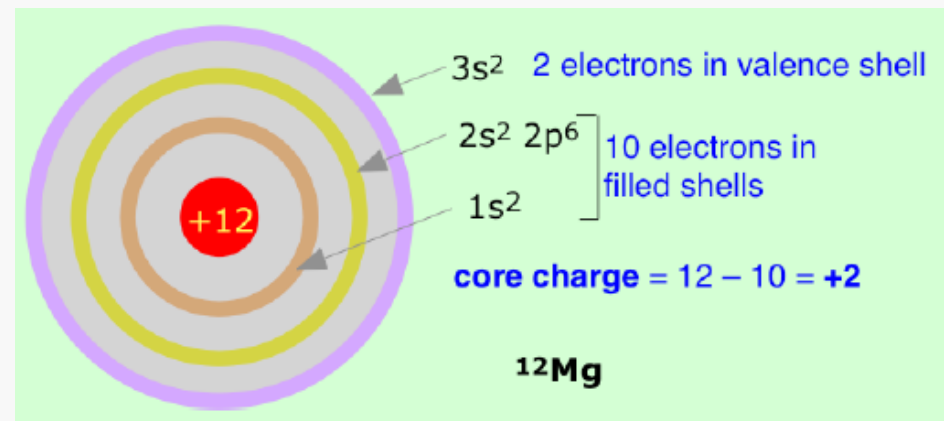
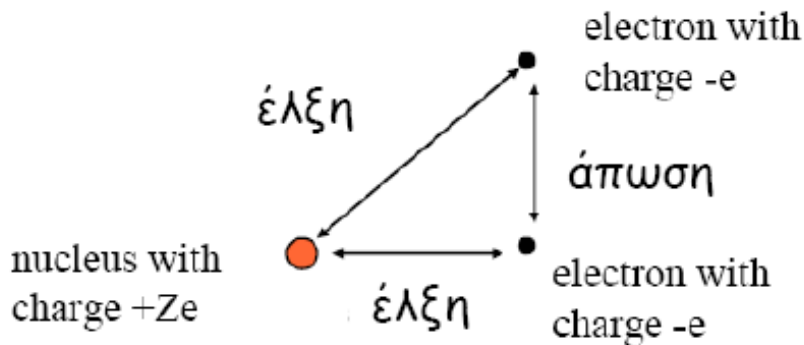
$Z^* = Z - s$: το δραστικό πυρηνικό φορτίο. Είναι το θετικό φορτίο του πυρήνα που δρα πάνω σε ένα ηλεκτρόνιο, μειωμένο όμως σε σχέση με το πραγματικό πυρηνικό φορτίο λόγω της θωράκισης (ή προάσπισης) που δημιουργεί κάθε ηλεκτρόνιο που παρεμβάλλεται ανάμεσα στον πυρήνα και το θεωρούμενο ηλεκτρόνιο (διηλεκτρονικές απώσεις).

Z : ο ατομικός αριθμός (το πυρηνικό φορτίο)

s : η σταθερά προασπίσεως ή θωρακίσεως, που για ένα ηλεκτρόνιο της εξωτερικής στιβάδας ισούται **κατά προσέγγιση** με τα ηλεκτρόνια των εσωτερικών στιβάδων (με μεγαλύτερη ακρίβεια υπολογίζεται με βάση κάποιους κανόνες, γνωστούς ως κανόνες του Slater).

Η s - άρα και το Z^* - εξαρτάται από το δευτερεύοντα κβαντικό αριθμό l που εκφράζει τις διηλεκτρονικές απώσεις.

Ουσιαστικά η r εξαρτάται από το Z και τις τιμές των n και l για τα ηλεκτρόνια της υποστιβάδας που έχουν τη μεγαλύτερη ενέργεια. Η επίδραση των Z και l εκφράζεται από το Z^* .



		Effective Nuclear Charge			
Name	Z	n-2	n-1	n	Z*
hydrogen	1				1
helium	2			1	1.7
lithium	3		2		1.3
beryllium	4		2	1	1.95
boron	5		2	2	2.6
carbon	6		2	3	3.25
nitrogen	7		2	4	3.9
oxygen	8		2	5	4.55
fluorine	9		2	6	5.2
neon	10		2	7	5.85
sodium	11	2	8		2.2
magnesium	12	2	8	1	2.85
aluminum	13	2	8	2	3.5
silicon	14	2	8	3	4.15
phosphorus	15	2	8	4	4.8
sulfur	16	2	8	5	5.45
chlorine	17	2	8	6	6.1
argon	18	2	8	7	6.75
potassium	19	10	8		2.2
calcium	20	10	8	1	2.85
scandium	21	10	9	1	3
titanium	22	10	10	1	3.15
vanadium	23	10	11	1	3.3
chromium	24	10	13		2.95
manganese	25	10	13	1	3.6
iron	26	10	14	1	3.75
cobalt	27	10	15	1	3.9
nickel	28	10	16	1	4.05
copper	29	10	18		3.7
zinc	30	10	18	1	4.35
gallium	31	10	18	2	5
germanium	32	10	18	3	5.65

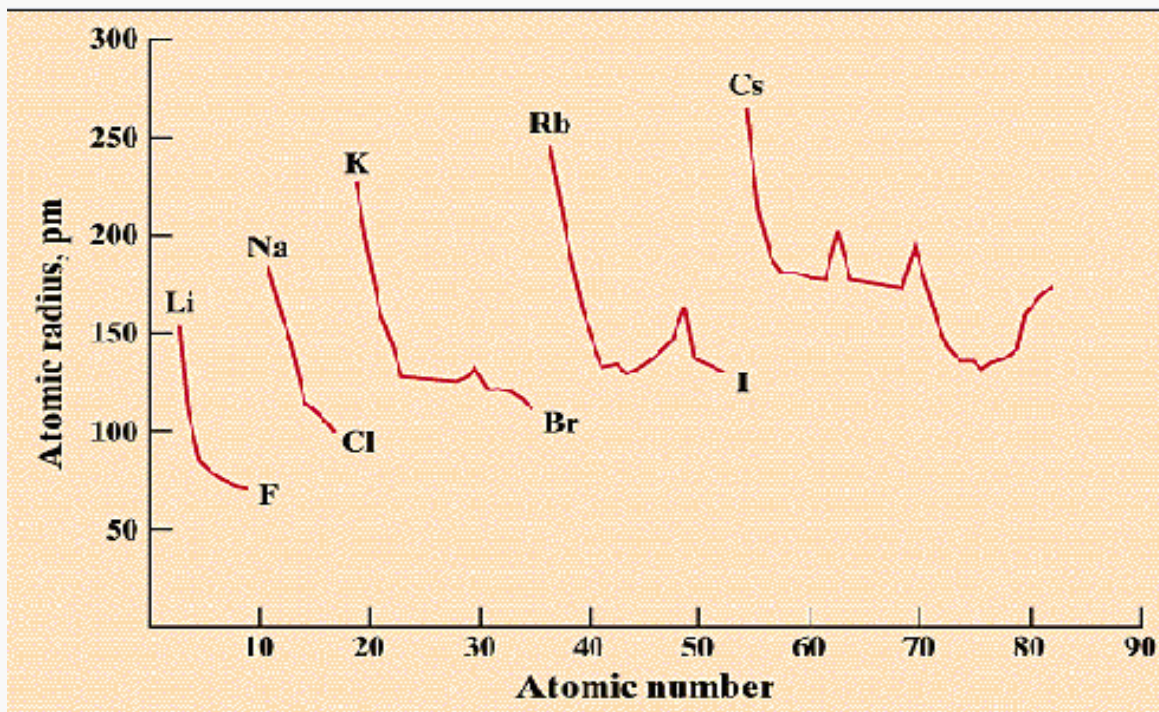
➤ Αύξηση του n των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας, σημαίνει προσθήκη νέων ηλεκτρονικών στιβάδων και επομένως αύξηση του μεγέθους των ατόμων (δηλαδή της r).

➤ Αύξηση του Z^* , συνεπάγεται ισχυρότερη έλξη πάνω στα ηλεκτρονικά νέφη από τον πυρήνα και επομένως ελάττωση του μεγέθους των ατόμων (δηλαδή της r).

- Σε μια ομάδα του Π.Π., η r αυξάνεται από πάνω προς τα κάτω.

Κι αυτό γιατί, από πάνω προς τα κάτω ο n των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας αυξάνεται, ενώ το Z^* παραμένει - σχεδόν - σταθερό, αφού αυξάνεται και το Z αλλά και η s (Το Z^* ισούται κατά προσέγγιση με τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας, που είναι ίδια για όλα τα στοιχεία μιας ομάδας)

(Στην πραγματικότητα το Z^* από πάνω προς τα κάτω γενικά αυξάνεται ελαφρώς, αφού το Z αυξάνεται γενικά περισσότερο από την s - κανόνες Slater).



- Σε μια περίοδο του Π.Π., η r ελαττώνεται από αριστερά προς τα δεξιά.

Κι αυτό γιατί, από αριστερά προς τα δεξιά ο n παραμένει σταθερός, ενώ το Z^* αυξάνεται (αύξηση Z , s-σχεδόν- σταθερή).

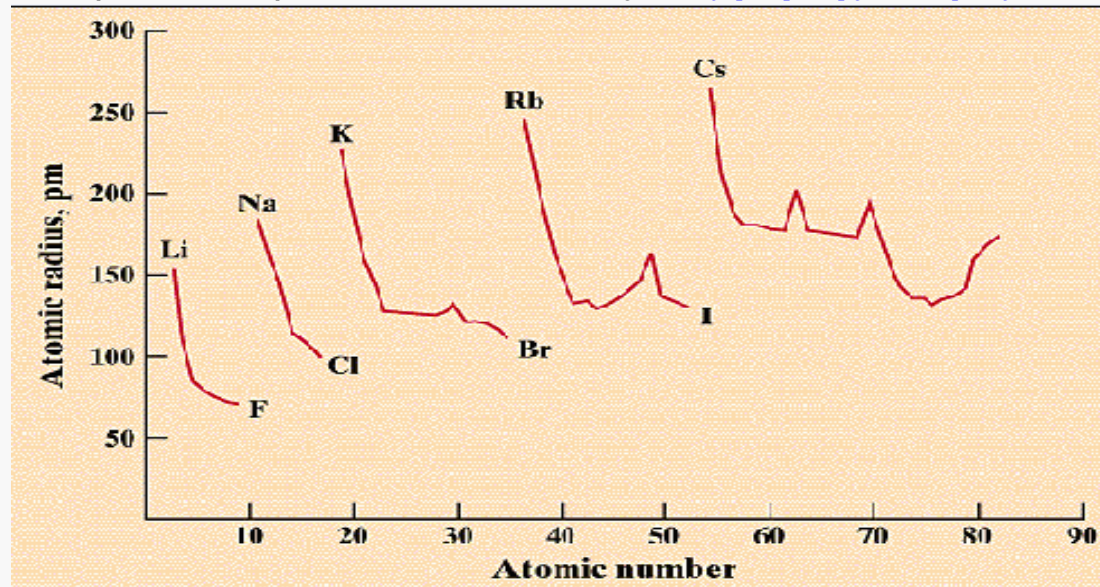
(Στην πραγματικότητα η s από αριστερά προς τα δεξιά αυξάνεται, αλλά λιγότερο από ότι το Z – κανόνες Slater).

Σε μια σειρά στοιχείων μετάπτωσης, εμφανίζονται κάποιες **μικρές αποκλίσεις** στη μεταβολή της r .

Διατρέχοντας τη σειρά από αριστερά προς τα δεξιά, γίνεται συμπλήρωση εσωτερικών $(n-1)d$ υποστιβάδων. Αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη θωράκιση των ηλεκτρονίων ns της εξωτερικής στιβάδας από το αυξανόμενο πυρηνικό φορτίο (εκτός από το Z αυξάνεται σημαντικά και η s).

Έτσι, **στην αρχή μιας σειράς** των στοιχείων μετάπτωσης που τα d ηλεκτρόνια είναι λίγα, έχουμε μικρή αύξηση του Z^* , οπότε παρατηρείται **μικρή ελάττωση της r** (μικρότερη σε σχέση με μια περίοδο που περιέχει στοιχεία κύριων ομάδων).

Καθώς προχωρούμε προς τα δεξιά, τα ηλεκτρόνια της d υποστιβάδας συνεχώς αυξάνουν, με αποτέλεσμα η θωράκιση των εξωτερικών s ηλεκτρονίων να γίνεται όλο και μεγαλύτερη. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε σταδιακή ελάττωση του Z^* και συνεπώς **αύξηση της r , προς το τέλος κάθε σειράς**.



Βασικές παρατηρήσεις

1. Ένα θετικό ιόν (κατιόν) έχει μικρότερο μέγεθος από το αντίστοιχο ουδέτερο άτομο.

π.χ. $\text{Na}^+ < \text{Na}$ (για την εξωτερική στιβάδα το Na έχει $n=3$ ενώ το Na^+ έχει $n=2$)

2. Ένα αρνητικό ιόν (ανιόν) έχει μεγαλύτερο μέγεθος από το αντίστοιχο ουδέτερο άτομο.

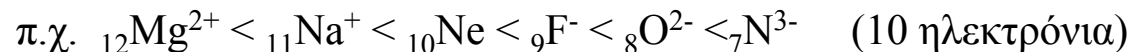
π.χ. $\text{Cl}^- > \text{Cl}$ (το Cl^- έχει ένα ηλεκτρόνιο παραπάνω οπότε μεγαλύτερες διηλεκτρονικές απώσεις)

3. Για ένα χημικό στοιχείο Σ το μέγεθος των σωματιδίων του αυξάνεται σύμφωνα με τη σειρά:

$$\Sigma^{2+} < \Sigma^+ < \Sigma < \Sigma^- < \Sigma^{2-}$$

Οι λόγοι είναι ότι με αυξανόμενο τον αριθμό των ηλεκτρονίων από αριστερά προς τα δεξιά στην παραπάνω σειρά: α) μπορεί να αυξάνεται η τιμή του n της εξωτερικής στιβάδας και β) αυξάνονται οι διηλεκτρονικές απώσεις

4. Ανάμεσα σε ισοηλεκτρονικά σωματίδια (ίδιος αριθμός ηλεκτρονίων) μικρότερο μέγεθος έχει εκείνο με το μεγαλύτερο πυρηνικό φορτίο Z .



**Παρατήρηση:**

Για τις ακτίνες των ιόντων ισχύουν τα παρακάτω:

α. Οι ακτίνες των θετικών ιόντων είναι μικρότερες από τις ακτίνες των αντίστοιχων ατόμων.

Αυτό συμβαίνει γιατί λιγότερα ηλεκτρόνια αντιστοιχούν στο θετικό φορτίο του πυρήνα, με αποτέλεσμα το ηλεκτρονιακό νέφος να συστέλλεται.



β. Οι ακτίνες των αρνητικών ιόντων είναι μεγαλύτερες από τις ακτίνες των αντίστοιχων ατόμων.

Αυτό συμβαίνει γιατί όταν προστίθενται ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στιβάδα ενός ατόμου, στο αρνητικό ιόν αυξάνεται η άπωση μεταξύ των ομώνυμων φορτίων και το ηλεκτρονιακό νέφος διαστέλλεται.



γ. Σε μια σειρά ιόντων με τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων η ατομική ακτίνα των ιόντων ελαττώνεται καθώς αυξάνεται ο ατομικός αριθμός άρα και το φορτίο του πυρήνα.



- **Ενέργεια ιοντισμού (E_i):**

Ενέργεια πρώτου ιοντισμού ορίζεται η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για την πλήρη απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από ελεύθερο άτομο, που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση και σε αέρια φάση και συμβολίζεται E_{i1} .

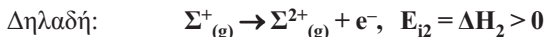


Κάθε αντίδραση απόσπασσης ηλεκτρονίων είναι ενδόθερμη, γιατί για την απομάκρυνση του ηλεκτρονίου από τον πυρήνα το ηλεκτρόνιο πρέπει να απορροφήσει ενέργεια.

Η ενέργεια ιοντισμού εκφράζεται σε $\text{KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Η ενέργεια ιοντισμού δείχνει την τάση που έχει το άτομο ενός στοιχείου να χάσει ηλεκτρόνια μετατρέπόμενο σε κατιόν.

Ενέργεια δευτέρου ιοντισμού (E_{i2}) είναι η απαιτούμενη ενέργεια για την απόσπασση και δευτέρου ηλεκτρονίου από το ιόν $\Sigma^+_{(g)}$.



Είναι αναμενόμενο πως η δεύτερη ενέργεια ιοντισμού έχει μεγαλύτερη τιμή από την πρώτη,

Ουσιαστικά η ενέργεια ιοντισμού εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που καθορίζουν και την ατομική ακτίνα, δηλαδή τα n και Z^*

καθώς πιο εύκολα φεύγει το ηλεκτρόνιο από το ουδέτερο άτομο από ότι από φορτισμένο ιόν, $\Delta H_1 < \Delta H_2$.

Η τιμή της ενέργειας ιοντισμού καθορίζεται από τις παρακάτω παραμέτρους:

α. Η ατομική ακτίνα:

Όσο μεγαλύτερη είναι η ατομική ακτίνα, τόσο μεγαλώνει η απόσταση των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας από τον πυρήνα με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η έλξη του θετικά φορτισμένου πυρήνα στο ηλεκτρόνιο και συνεπώς η ενέργεια ιοντισμού ελαττώνεται.

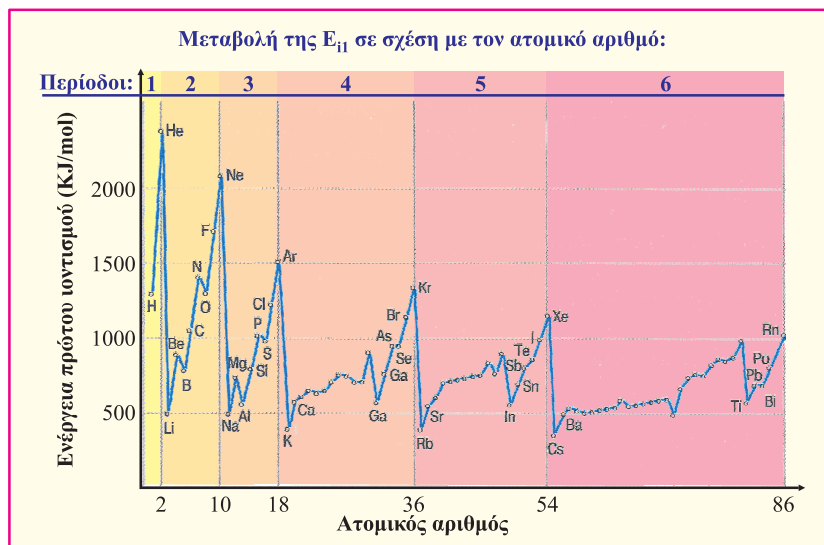
β. Το φορτίο του πυρήνα:

Όσο αυξάνεται ο ατομικός αριθμός, τόσο αυξάνεται το θετικό φορτίο του πυρήνα καθώς και η έλξη του πυρήνα στο τελευταίο ηλεκτρόνιο με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η ενέργεια ιοντισμού.

γ. Τα ενδιάμεσα ηλεκτρόνια:

Την έλξη πυρήνα - τελευταίου ηλεκτρονίου επηρεάζουν τα ενδιάμεσα ηλεκτρόνια, τα οποία απωθούν το εξωτερικό ηλεκτρόνιο, με αποτέλεσμα η ενέργεια ιοντισμού να ελαττώνεται. Το φορτίο του πυρήνα σε συνδυασμό με τα ενδιάμεσα ηλεκτρόνια καθορίζουν το δραστικό πυρηνικό φορτίο.

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η ενέργεια πρώτου ιοντισμού να αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά και από κάτω προς τα πάνω στο περιοδικό πίνακα.



ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΙΟΝΤΙΣΜΟΥ (E_i)

Ενέργεια πρώτου ιοντισμού $E_{i(1)}$ ενός στοιχείου, είναι η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για την πλήρη απομάκρυνση του πιο χαλαρά συγκρατούμενου ηλεκτρονίου από το **ελεύθερο άτομο** του στοιχείου, το οποίο βρίσκεται στη **θεμελιώδη κατάσταση** και σε **αέρια φάση**.

Αντίστοιχα ορίζεται η ενέργεια δεύτερου ιοντισμού, τρίτου κ.ο.κ.



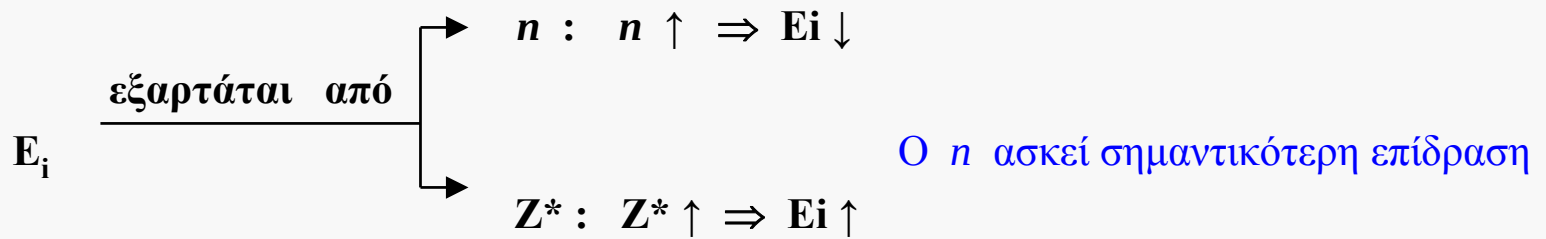
.....

- $E_{i(1)} < E_{i(2)} < E_{i(3)} < \dots$ Γενικά : $E_{i(v+1)} > E_{i(v)}$, $v=1,2,3,\dots$

Αυτό συμβαίνει διότι, ένα κατιόν αποβάλλει δυσκολότερα ηλεκτρόνιο από ένα ουδέτερο άτομο, αλλά και από ένα άλλο κατιόν με μικρότερο θετικό φορτίο. (ΓΙΑΤΙ ;)

- $E_i = - E_{\text{ηλεκτρονίου που αποσπάται}} > 0$ (ιοντισμός $\longrightarrow$ ενδόθερμη διεργασία)

- Η ενέργεια ιοντισμού, **εκφράζει την τάση του ατόμου ενός στοιχείου να αποβάλλει ηλεκτρόνια και να μετατρέπεται σε κατιόν**. Όσο μικρότερη η τιμή της ενέργειας ιοντισμού ενός στοιχείου, τόσο ευκολότερα αποβάλλει αυτό ηλεκτρόνια και μετατρέπεται σε κατιόν, δηλαδή **τόσο πιο ηλεκτροθετικό είναι** (π.χ. τα μέταλλα).

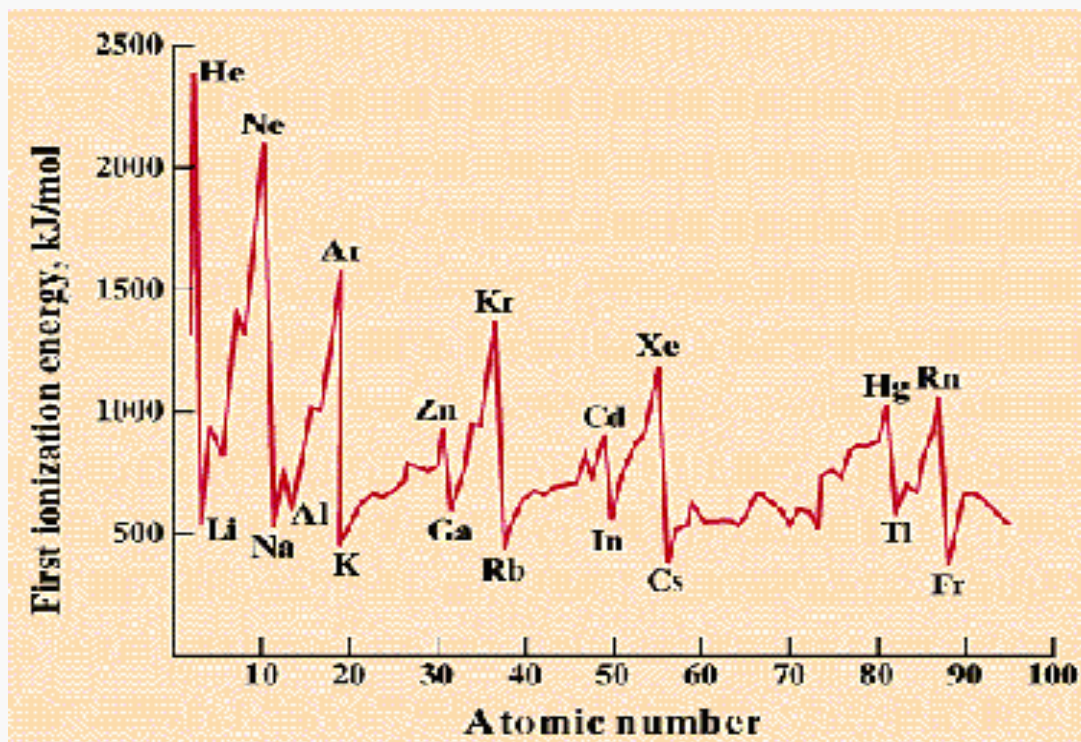


- **Αύξηση του n των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας**, σημαίνει μεγαλύτερη απόσταση των ηλεκτρονίων αυτών από τον πυρήνα (μεγαλύτερη ατομική ακτίνα), άρα και μικρότερη έλξη των ηλεκτρονίων αυτών από τον πυρήνα. Έτσι, απαιτείται λιγότερη ενέργεια για την απομάκρυνση του ηλεκτρονίου, δηλαδή **η E_i ελαττώνεται**.
- **Αύξηση του Z^*** , σημαίνει μεγαλύτερη έλξη των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας από τον πυρήνα. Έτσι, απαιτείται περισσότερη ενέργεια για την απομάκρυνση του ηλεκτρονίου, δηλαδή **η E_i αυξάνεται**.
- **Σε μια ομάδα του Π.Π., η E_i ελαττώνεται από πάνω προς τα κάτω.**
 Κι αυτό γιατί, από πάνω προς τα κάτω ο n των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας αυξάνεται, ενώ το Z^* παραμένει – σχεδόν - σταθερό αφού αυξάνεται και το Z αλλά και η s (Το Z^* ισούται κατά προσέγγιση με τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας, που είναι ίδια για όλα τα στοιχεία μιας ομάδας) (Στην πραγματικότητα το Z^* από πάνω προς τα κάτω γενικά αυξάνεται ελαφρώς, αφού το Z αυξάνεται γενικά περισσότερο από την s – κανόνες Slater).
- **Σε μια περίοδο του Π.Π., η E_i αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά.**
 Κι αυτό γιατί, από αριστερά προς τα δεξιά ο n παραμένει σταθερός, ενώ το Z^* αυξάνεται (αύξηση Z , s - κατά προσέγγιση- σταθερή). (Στην πραγματικότητα η s από αριστερά προς τα δεξιά αυξάνεται, αλλά λιγότερο από ότι το Z – κανόνες Slater).

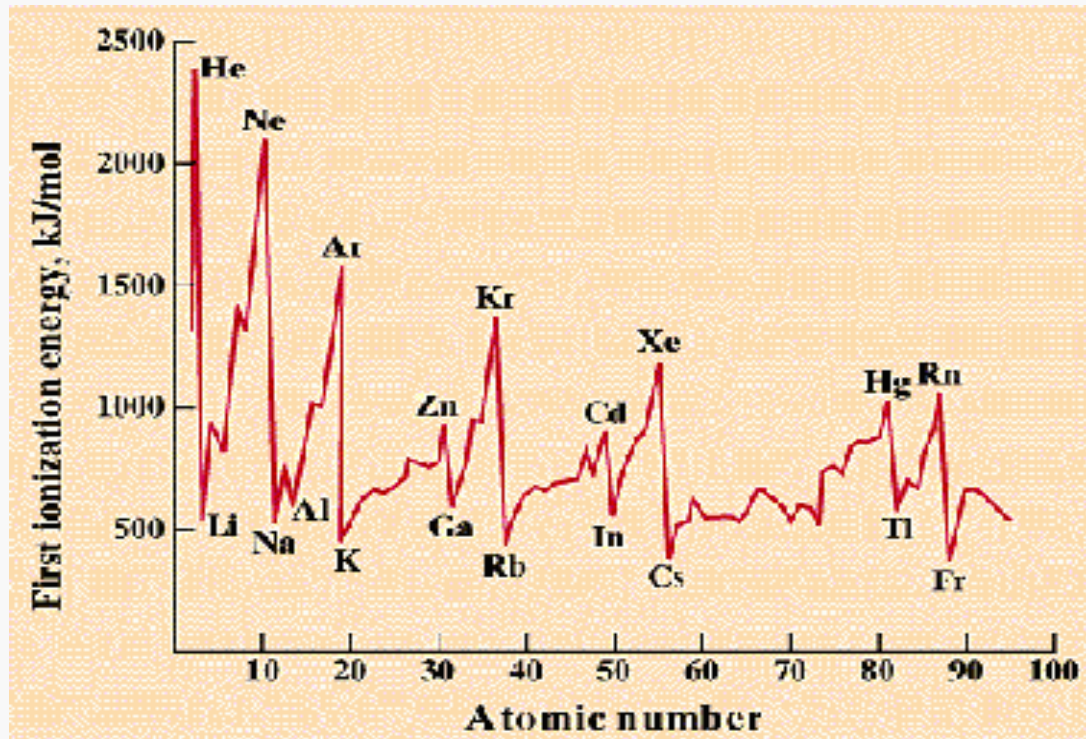
❖ **Μικρές αποκλίσεις** από τον παραπάνω κανόνα εμφανίζονται σε ορισμένα στοιχεία κύριων ομάδων, καθώς και σε στοιχεία μετάπτωσης.

Τα μικρά μέγιστα που εμφανίζει η E_i μέσα σε μια περίοδο αποδίδονται στην αυξημένη σταθερότητα των ημισυμπληρωμένων υποστιβάδων (π.χ. τα στοιχεία **N, P, As** με ημισυμπληρωμένη p υποστιβάδα).

Τα στοιχεία των ομάδων **IIA** και **IIIB** (Be, Mg, Zn, Cd, Hg) έχουν μεγαλύτερες E_i από τα αμέσως επόμενα στοιχεία, της ομάδας **IIIA** (B, Al, Ga, In, Tl). Κι αυτό γιατί κατά τον ιοντισμό των στοιχείων **IIA** και **IIIB** απομακρύνεται ένα **s ηλεκτρόνιο**, ενώ κατά τον ιοντισμό των στοιχείων **IIIA** απομακρύνεται ένα **p ηλεκτρόνιο**. Τα **s** ηλεκτρόνια “διεισδύουν” περισσότερο από τα **p**, στο νέφος των ηλεκτρονίων που τα θωρακίζουν από το πυρηνικό φορτίο. Έτσι, συγκρατούνται ισχυρότερα στο άτομο και απαιτείται μεγαλύτερη ενέργεια (E_i) για την απομάκρυνσή τους



Η E_i των στοιχείων μετάπτωσης μέσα σε μια περίοδο, δεν αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό όπως στα στοιχεία των κύριων ομάδων, ενώ η E_i των στοιχείων εσωμετάπτωσης (λανθανίδες – ακτινίδες) παραμένει σχεδόν σταθερή. Η αιτία πρέπει να αναζητηθεί (όπως και στην περίπτωση των ατομικών ακτίνων), στις μεταβολές της θωράκισης των εξώτατων ns ηλεκτρονίων από τα $(n-1)d$ και $(n-2)f$ ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα το Z^* (άρα και η E_i) να μεταβάλλεται πολύ λίγο.



Γενικές παρατηρήσεις:

Το **μέγεθος** των ατόμων και των ιόντων (ατομική και ιοντική ακτίνα) και οι **ενέργειες ιοντισμού** των στοιχείων εξαρτώνται γενικά από τους ίδιους παράγοντες που καθορίζουν και την ενέργεια των ηλεκτρονίων, δηλαδή τα **n , l και Z** , ή αλλιώς από τα **n και Z^*** .

Έτσι, μπορούμε να συγκρίνουμε γενικά το μέγεθος και την ενέργεια ιοντισμού **δύο οποιονδήποτε σωματιδίων (ατόμων ή ιόντων)** συγκρίνοντας τις τιμές των **n και Z^*** για τα ηλεκτρόνια των σωματιδίων που έχουν την υψηλότερη ενέργεια.

Η σύγκριση με βάση τη **θέση των στοιχείων στον ΠΠ** μπορεί να γίνει **μόνο**:

α) για την ατομική ακτίνα (μέγεθος) **ουδέτερων ατόμων** και

β) για την **πρώτη** ενέργεια ιοντισμού των ατόμων

- 1) Η σύγκριση της ατομικής ακτίνας (μεγέθους) και της E_{i1} των στοιχείων θα γίνεται με βάση τη θέση τους στον περιοδικό πίνακα.
- 2) Η σύγκριση του μεγέθους ιόντων ή ατόμων και ιόντων καθώς και των E_{i2} , E_{i3} κ.ο.κ. των στοιχείων θα γίνεται με βάση τα $n_{\text{εξ}}$ και Z^* .
- 3) Το Z^* για ένα ηλεκτρόνιο της εξωτερικής στιβάδας επηρεάζεται από τα υπόλοιπα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας, αφού και αυτά ασκούν άπωση και προκαλούν θωράκιση, αλλά μικρότερη από αυτή που προκαλούν τα εσωτερικά ηλεκτρόνια.
- 4) Όταν, κατά τους διαδοχικούς ιοντισμούς ενός ατόμου, προκύψει ιόν με δομή ευγενούς αερίου, όταν αυτό ιοντιστεί έχουμε μεγάλη αύξηση στην ενέργεια ιοντισμού.

- **Ηλεκτροθετικά στοιχεία:**

Τα μέταλλα έχουν σχετικά χαμηλές ενέργειες ιοντισμού γι' αυτό αποβάλλουν εύκολα ηλεκτρόνια και μετατρέπονται σε ηλεκτροθετικά ιόντα. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως ηλεκτροθετικά στοιχεία.

Η τάση που έχουν τα άτομα να αποβάλλουν ηλεκτρόνια ονομάζεται **ηλεκτροθετικότητα**.

Η ηλεκτροθετικότητα μεταβάλλεται όπως και η ατομική ακτίνα, δηλαδή αυξάνεται από δεξιά προς τα αριστερά και από πάνω προς τα κάτω στο περιοδικό πίνακα.

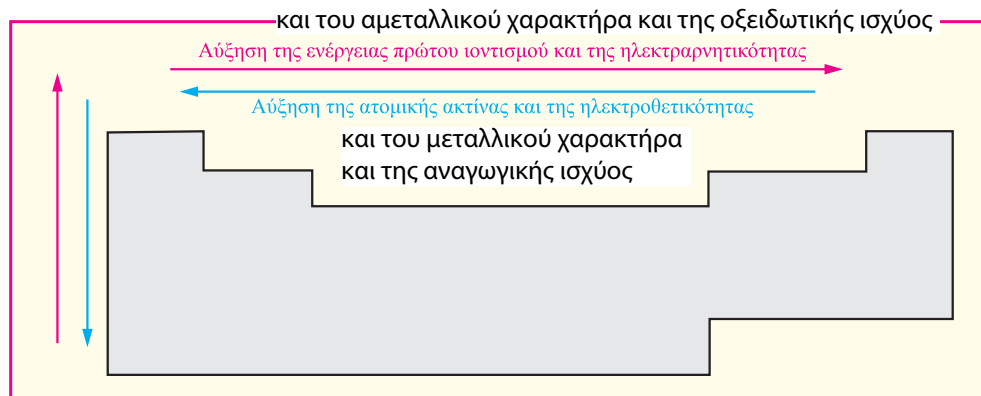
- **Ηλεκτραρνητικά στοιχεία**

Τα αμέταλλα έχουν την τάση να προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια και να μετατρέπονται σε ηλεκτραρνητικά ιόντα. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως ηλεκτραρνητικά στοιχεία.

Η τάση που έχουν να προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια ονομάζεται **ηλεκτραρνητικότητα**.

Η ηλεκτραρνητικότητα μεταβάλλεται όπως και η ενέργεια πρώτου ιοντισμού, δηλαδή αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά και από τα κάτω προς τα πάνω στον περιοδικό πίνακα.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μεταβολή της ατομικής ακτίνας, της πρώτης ενέργειας ιοντισμού, της ηλεκτροθετικότητας καθώς και της ηλεκτραρνητικότητας στο περιοδικό πίνακα:



• Θέση μετάλλων - αμετάλλων στον περιοδικό πίνακα:

Τα αμέταλλα βρίσκονται στο πάνω δεξιό κομμάτι του περιοδικού πίνακα και κατέχουν περίπου το 1/4 της συνολικής του έκτασης και όσο προχωρούμε προς τα δεξιά και προς τα πάνω, γίνεται εντονότερος ο αμεταλλικός χαρακτήρας.

Τα μέταλλα καταλαμβάνουν σχεδόν όλο το υπόλοιπο τμήμα του (3/4) και όσο προχωρούμε προς τα αριστερά και προς τα κάτω, γίνεται εντονότερος ο μεταλλικός χαρακτήρας.

Τα ημιμέταλλα ή μεταλλοειδή που έχουν ιδιότητες μεταξύ μετάλλων και αμετάλλων, βρίσκονται στη διαχωριστική γραμμή μεταξύ αυτών.



Παρατήρηση:

α. Το υδρογόνο είναι αμέταλλο, αν και βρίσκεται στην ΙΑ ομάδα του περιοδικού πίνακα.

β. Σε μία περίοδο του περιοδικού πίνακα, αριστερά βρίσκονται τα δραστικά μέταλλα και όσο κινούμαστε προς τα δεξιά, έχουμε ελάττωση του μεταλλικού χαρακτήρα.

	1																18		
1		2																	
2																			
3			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14	15	16	17	
4															Si				
5															Ge	As			
6																Sb	Te		
7																	Po		

Μέταλλα

Μεταλλοειδή

Αμέταλλα

Αλκάλια

Αλκαλικές γαίες

Αλογόνα

Ευγενή αέρια

Μέταλλα

Μεταλλοειδή

Αμέταλλα

Αλκάλια
Αλκαλικές γαίες

Αλογόνα
Εργενή αέρια

Παράδειγμα:

Μελέτη της μεταβολής των ιδιοτήτων των στοιχείων της 3ης περιόδου του περιοδικού πίνακα.

Τα στοιχεία της 3ης περιόδου είναι: $_{11}\text{Na}$, $_{12}\text{Mg}$, $_{13}\text{Al}$, $_{14}\text{Si}$, $_{15}\text{P}$, $_{16}\text{S}$, $_{17}\text{Cl}$.

Όσο **ανξάνεται ο ατομικός αριθμός**, δηλαδή από το Na προς το Cl, παρατηρείται:

α. Ελάττωση της ατομικής ακτίνας. **β.** Ελάττωση της ηλεκτροθετικότητας.

γ. Ελάττωση του μεταλλικού χαρακτήρα. **δ.** Αύξηση της ηλεκτραρνητικότητας.

ε. Αύξηση του αμεταλλικού χαρακτήρα.

Τα οξείδια των στοιχείων αυτών: Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , SO_3 , Cl_2O_7 έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Na_2O , MgO : **α.** Είναι **ιοντικές ενώσεις**, γιατί τα Na, Mg έχουν μεγάλη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας από το O και σχηματίζουν ιοντικό δεσμό με αυτό.

β. Είναι **βασικά οξείδια**, δηλαδή αντιδρούν με το νερό και δίνουν βάσεις και αντιδρούν με τα οξέα.

Al_2O_3 : **α.** Είναι **ιοντική ένωση**.

β. Είναι **επαμφοτερίζον οξείδιο**, δηλαδή συμπεριφέρεται άλλοτε ως όξινο και άλλοτε ως βασικό οξύ.

SiO_2 , P_2O_5 , SO_3 , Cl_2O_7 : **α.** Είναι ομοιοπολικές ενώσεις.

β. Είναι όξινα οξείδια, δηλαδή αντιδρούν με το νερό και δίνουν οξέα και αντιδρούν και με βάσεις.

2^η περίοδος	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
	(M)	(M)	(H)	(A)	(A)	(A)	(A)	(EA)
μοριακός τύπος	LiCl	BeCl ₂	BCl ₃	CCl ₄	NCl ₃	Cl ₂ O	FCI	-
	(I)	(O)	(O)	(O)	(O)	(O)	(O)	
φυσική κατάσταση (20 °C)	στερεό	στερεό	αέριο	υγρό	υγρό	αέριο	αέριο	-
σημείο βρασμού / ° C	1350	487	12	77	71	2	-101	-
3^η περίοδος	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
	(M)	(M)	(M)	(H)	(A)	(A)	(A)	(EA)
μοριακός τύπος	NaCl	MgCl ₂	Al ₂ Cl ₆	SiCl ₄	PCl ₃ , PCl ₅	SCl ₂ , (O) S ₂ Cl ₂	Cl ₂ (O) αέριο	-
	(O)	(O)	(O)*	(O)	(O)			
φυσική κατάσταση (20 °C)	στερεό	στερεό	στερεό	υγρό	υγρό, στερεό	υγρό, υγρό		-
σημείο βρασμού / ° C							-35	-
	1465	1418	423	57	74, 164	59, 138		

(M) : μέταλλο,
(I) : ιοντική ένωση,

(A) : αμέταλλο,
(O) : ομοιοπολική ένωση,

(H) : ημιμέταλλο,
(EA) : ευγενές αέριο

← αύξηση μεταλλικού χαρακτήρα στοιχείων
αύξηση ηλεκτροθετικότητας στοιχείων
αύξηση ιοντικού χαρακτήρα δεσμών
αύξηση βασικού χαρακτήρα οξειδίων
αύξηση σημείου βρασμού ενώσεων

→ αύξηση αμεταλλικού χαρακτήρα στοιχείων
αύξηση ηλεκτραρνητικότητας στοιχείων
αύξηση ομοιοπολικού χαρακτήρα δεσμών
αύξηση όξινου χαρακτήρα οξειδίων

2^η περίοδος	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
μοριακός τύπος	Li ₂ O	BeO	B ₂ O ₃	CO ₂ , CO	N ₂ O, NO...	O ₂	OF ₂	-
	(I)	(O)	(O)	(O)	(O)	(O)	(O)	
χημικός χαρακτήρας	βασικός	επαμφ.	όξινος	όξινος	όξινος	-	όξινος	-
φυσική κατάσταση (20 °C)	στερεό	στερεό	στερεό	αέριο	αέριο	αέριο	αέριο	-
3^η περίοδος	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
μοριακός τύπος	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₄ O ₁₀ , P ₄ O ₆	SO ₂ , SO ₃	Cl ₂ O	-
	(I)	(I)	(I)	(O)	(O)	(O)	(O)	
χημικός χαρακτήρας	βασικός	βασικός	επαμφ.	όξινος	όξινος	όξινος	όξινος	-
φυσική κατάσταση (20 °C)	στερεό	στερεό	στερεό	στερεό	στερεό	αέριο-υγρό στ 17-σβ 45°C	αέριο	-

*Το Al₂Cl₆

Ε) Μεταβολή ορισμένων περιοδικών ιδιοτήτων

Εφαρμογές

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 $_{16}\text{S}$

2. Να συγκρίνετε το μέγεθος στα επόμενα σωματίδια:

α) $_{11}\text{Na}$ και $_{11}\text{Na}^+$ β) $_{12}\text{Mg}^{2+}$ και $_{20}\text{Ca}^{2+}$ γ) $_{17}\text{Cl}$ και $_{17}\text{Cl}^-$
δ) $_{26}\text{Fe}$, $_{26}\text{Fe}^{2+}$ και $_{26}\text{Fe}^{3+}$ ε) $_{7}\text{N}$, $_{8}\text{O}^{2-}$ και $_{9}\text{F}^-$ στ) $_{10}\text{Ne}$, $_{11}\text{Na}^+$ και $_{12}\text{Mg}^{2+}$

3. Ποιο ηλεκτρόνιο απομακρύνεται κατά τον πρώτο ιοντισμό των παρακάτω ατόμων;

$_{11}\text{Na}$, $_{20}\text{Ca}$, $_{26}\text{Fe}$ και $_{47}\text{Ag}$

4. Ποιο από τα χημικά στοιχεία $_{3}\text{Li}$ και $_{4}\text{Be}$ έχει μεγαλύτερη ενέργεια:

α) πρώτου ιοντισμού; **β)** δεύτερου ιοντισμού;

5. Το $_{12}\text{Mg}$ έχει διαδοχικές ενέργειες ιοντισμού:

$E_{i1} = 738 \text{ kJ/mol}$ $E_{i2} = 1450 \text{ kJ/mol}$ $E_{i3} = 7730 \text{ kJ/mol}$

Να εξηγήσετε γιατί ισχύει ότι $E_{i1} < E_{i2} \ll E_{i3}$.

6. Η ενέργεια πρώτου ιοντισμού του καλίου (K) είναι 420 kJ/mol . Πόση ενέργεια απαιτείται για την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από ένα άτομο K σε αέρια φάση και στη θεμελιώδη κατάσταση;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Όλα τα θέματα αναφέρονται στη θεμελιώδη κατάσταση των ατόμων, εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά.

17.1. Σε ένα διάγραμμα της ενέργειας πρώτου ιοντισμού (E_{i1}) των ατόμων ως συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού (Z) παρατηρούμε ότι:

- A) Τα ευγενή αέρια βρίσκονται στα ελάχιστα και τα αλογόνα στα μέγιστα
B) Τα αλκάλια βρίσκονται στα ελάχιστα και τα ευγενή αέρια στα μέγιστα
Γ) Τα ευγενή αέρια βρίσκονται στα μέγιστα και τα αλογόνα στα ελάχιστα
Δ) Τα στοιχεία μετάπτωσης βρίσκονται στα μέγιστα και τα αλογόνα στα ελάχιστα

17.2. Η ενέργεια πρώτου ιοντισμού E_{i1} για το άτομο του Mg είναι η ενέργεια που απαιτείται για τη διεργασία που περιγράφεται από την εξίσωση:

- A) $\text{Mg(g)} \rightarrow \text{Mg}^+(\text{g})$ B) $\text{Mg(g)} \rightarrow \text{Mg}^+(\text{g}) + 2e^-$
Γ) $\text{Mg}^+(\text{g}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{g}) + e^-$ Δ) $\text{Mg(g)} \rightarrow \text{Mg}^+(\text{g}) + e^-$

17.3. Ποιο από τα παρακάτω στοιχεία έχει τη μεγαλύτερη τιμή E_{i1} ;

- A) ${}_2\text{He}$ B) ${}_3\text{Li}$ Γ) ${}_9\text{F}$ Δ) ${}_{11}\text{Na}$

17.4. Ποιο από τα παρακάτω στοιχεία έχει τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

- A) το ${}_4\text{Be}$ B) το ${}_{12}\text{Mg}$ Γ) το ${}_{19}\text{K}$ Δ) το ${}_{37}\text{Rb}$

17.5. i. Ποιο από τα παρακάτω άτομα έχει τη μικρότερη τιμή της E_{i1} ;

- A) το ${}_4\text{Be}$ B) το ${}_{11}\text{Na}$ Γ) το ${}_{19}\text{K}$ Δ) το ${}_{20}\text{Ca}$

ii. Για ποιο από τα παρακάτω άτομα ή ιόντα απαιτείται μικρότερη ενέργεια για την απόσπαση ενός ηλεκτρονίου;

- A) ${}_3\text{Li}$ B) ${}_{11}\text{Na}$ Γ) ${}_{12}\text{Mg}$ Δ) ${}_{18}\text{Ar}$

17.6. Ποιος από τους παρακάτω ομοιοπολικούς δεσμούς είναι περισσότερο πολωμένος;

- A) C–O B) C–Cl Γ) B–Cl Δ) B–O

Δίνονται οι ατομικοί αριθμοί των στοιχείων B, C, O, Cl ίσοι με 5, 6, 8 και 17, αντίστοιχα.

17.7. Η σειρά αυξανόμενης ενέργειας ιοντισμού για τα στοιχεία ${}_3\text{Li}$, ${}_6\text{C}$, ${}_{10}\text{Ne}$ και ${}_{11}\text{Na}$, είναι:

- A) Li, C, Na, Ne B) Na, Li, C, Ne
Γ) Ne, C, Na, Li Δ) C, Na, Ne, Li

17.8. Ποια από τις παρακάτω δομές εξωτερικής στιβάδας στη θεμελιώδη κατάσταση αντιστοιχεί σε άτομο με τη μεγαλύτερη E_{i1} ;

- A) $3s^2 3p^1$ B) $3s^2 3p^2$ Γ) $3s^2 3p^3$ Δ) $4s^2 4p^3$

17.9. Ποιο τα παρακάτω στοιχεία μπορεί να είναι μεταλλοειδές;

- A) ${}_{33}\text{As}$ B) ${}_{36}\text{Kr}$ Γ) ${}_{37}\text{Rb}$ Δ) ${}_8\text{O}$

17.10. Ποιο τα στοιχεία, ${}_{13}\text{Al}$, ${}_{16}\text{S}$, ${}_{19}\text{K}$, ${}_{21}\text{Sc}$, είναι αμέταλλο;

- A) Το A B) Το B Γ) Το Γ Δ) Το Δ

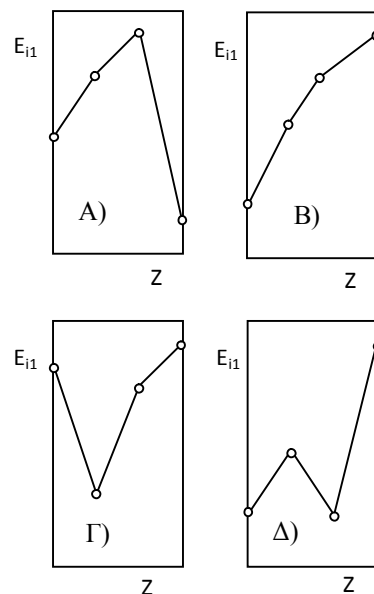
17.11. Ποιο από τα παρακάτω άτομα ή ιόντα απαιτεί τη μεγαλύτερη ενέργεια για την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου σε αέρια κατάσταση;

- A) ${}_2\text{He}$ B) ${}_{10}\text{Ne}$ Γ) ${}_{18}\text{Ar}$ Δ) ${}_2\text{He}^+$

17.12. Το στοιχείο της 3ης περιόδου του περιοδικού πίνακα με τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα έχει ηλεκτρονιακή δομή:

- A) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ B) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
Γ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ Δ) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

17.13. Θεωρήστε τα στοιχεία με $Z = 8, 9, 10$ και 11 . Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα παριστάνει τη μεταβολή στην E_{i1} των στοιχείων αυτών σε σχέση με τον ατομικό τους αριθμό;



17.14. Θεωρήστε τις δομές I - IV που αντιστοιχούν σε ουδέτερα άτομα: I: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, II: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$, III: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$, IV: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$. Ποια από τις δομές αυτές αντιστοιχεί σε άτομο με τη μεγαλύτερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού, E_{i1} ;

- A) Η δομή I B) Η δομή II Γ) Η δομή III Δ) Η δομή IV

17.15. Ποιο από τα παρακάτω άτομα σε αέρια κατάσταση προβλέπεται να έχει τη μεγαλύτερη τιμή της E_{i2} ;

- A) ${}_6\text{C}$ B) ${}_3\text{Li}$ Γ) ${}_9\text{F}$ Δ) ${}_{10}\text{Ne}$

17.16. Δίνονται οι τιμές των τεσσάρων διαδοχικών ενεργειών ιοντισμού, $E_{i1} - E_{i4}$, στοιχείου Σ σε αέρια κατάσταση: 578, 1.817, 2.745 και 11.578 (σε $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$). Ποιο από τα παρακάτω στοιχεία μπορεί να είναι το Σ;

- A) ${}_{11}\text{Na}$ B) ${}_{12}\text{Mg}$ Γ) ${}_{13}\text{Al}$ Δ) ${}_{14}\text{Si}$

17.17. Ποια είναι η σωστή σειρά κατά μειούμενη ακτίνα των σωματιδίων: ${}_9\text{F}^-$, ${}_{10}\text{Ne}$ και ${}_{11}\text{Na}^+$

- A) $\text{F}^- > \text{Ne} > \text{Na}^+$ B) $\text{Ne} > \text{Na}^+ > \text{F}^-$
Γ) $\text{Na}^+ > \text{F}^- > \text{Ne}$ Δ) $\text{F}^- > \text{Na}^+ > \text{Ne}$

17.18. Η ενέργεια πρώτου ιοντισμού για το άτομο του ${}_{16}\text{S}$ σε αέρια κατάσταση είναι $999 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, ενώ η ενέργεια πρώτου ιοντισμού του για το άτομο του ${}_{15}\text{P}$ επίσης σε αέρια κατάσταση είναι $1012 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Πως ερμηνεύονται τα δεδομένα αυτά;

- A) Παραβιάζεται ο κανόνας του Hund
B) Οι ενέργειες ιοντισμού μειώνονται από τα δεξιά προς τα αριστερά σε μία περίοδο του περιοδικού πίνακα
Γ) Η ημισυμπληρωμένη δομή p^3 είναι πιο σταθερή από μία ηλεκτρονιακή δομή με ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο
Δ) Οι ενέργειες ιοντισμού μειώνονται από κάτω προς τα πάνω σε μία ομάδα του περιοδικού πίνακα

17.19. Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστές (Σ) ή λανθασμένες (Λ).

- A) Κατά μήκος μιας περιόδου του περιοδικού πίνακα η ατομική ακτίνα ελαττώνεται από τα αριστερά προς τα δεξιά.
B) Σε μια ομάδα του περιοδικού πίνακα η ατομική ακτίνα ελαττώνεται καθώς προχωρούμε από πάνω προς τα κάτω.
Γ) Η ενέργεια του πρώτου ιοντισμού έχει μεγαλύτερη τιμή από την τιμή της ενέργειας του δεύτερου ιοντισμού.

17.20. Να εξηγήσετε αν οι προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές (Σ) ή λανθασμένες (Λ). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας στις περιπτώσεις λανθασμένων προτάσεων.

- A) Η ενέργεια πρώτου ιοντισμού ενός στοιχείου που βρίσκεται σε διεγερμένη κατάσταση είναι μικρότερη από την ενέργεια πρώτου ιοντισμού του στη θεμελιώδη κατάσταση.
B) Η ενέργεια πρώτου ιοντισμού του ατόμου ενός στοιχείου με ατομικό αριθμό Z είναι πάντα μεγαλύτερη από την ενέργεια πρώτου ιοντισμού του ατόμου ενός άλλου στοιχείου με ατομικό αριθμό $(Z + 1)$.
Γ) Γενικά, στο περιοδικό σύστημα η ατομική ακτίνα μεταβάλλεται, όπως και η τιμή της E_{H} .
Δ) Το στοιχείο X με δομή εξωτερικής στιβάδας $3s^1$ έχει μικρότερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού από αυτή του στοιχείου Y με δομή εξωτερικής στιβάδας $3s^2 3p^6$.
Ε) Τα αμέταλλα έχουν μικρότερες ατομικές ακτίνες από τα μέταλλα που ανήκουν στην ίδια περίοδο του περιοδικού πίνακα.

ΣΤ) Στα στοιχεία μεταπτώσεως μιας περιόδου, η αύξηση του ατομικού αριθμού συνοδεύεται από μικρή ελάττωση της ατομικής ακτίνας καθώς τα επιπλέον ηλεκτρόνια που συμπληρώνουν εσωτερικές στιβάδες d, που ελάχιστα επηρεάζουν την ατομική ακτίνα.

17.21. Να εξηγήσετε αν οι προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή όχι.

- A) Η E_{H} του ${}_{37}\text{Rb}$ είναι μικρότερη από την E_{H} του ${}_{11}\text{Na}$.
B) Το στοιχείο με $Z = 87$ είναι το πιο δραστικό μέταλλο και έχει τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα

Γ) Το στοιχείο με ατομικό αριθμό $Z = 36$ έχει πολύ μεγάλη E_{H} , μικρότερη πάντως από την E_{H} του στοιχείου με ατομικό αριθμό $Z = 2$.

Δ) Η E_{H} του ${}_3\text{Li}$ είναι πολύ μεγαλύτερη της αντίστοιχης του ${}_4\text{Be}$.

Ε) Η ηλεκτραρνητικότητα περιγράφει την ικανότητα ενός ατόμου να ανταγωνίζεται με άλλο άτομο για τα ηλεκτρόνια μέσω των οποίων συνδέονται.

ΣΤ) Το μεγαλύτερο ποσοστό της E_{H} για το άτομο του υδρογόνου αντιστοιχεί στη μετάβαση του ηλεκτρονίου από τη στιβάδα K στη στιβάδα L.

17.22. Να γράψετε τον ορισμό της ενέργειας ιοντισμού (E_{H}) και να αναφέρετε τις παραμέτρους που την καθορίζουν.

17.23. Να εξηγήσετε γιατί σε μία σειρά στοιχείων μετάπτωσης η ατομική ακτίνα μειώνεται ελάχιστα όσο πηγαίνουμε προς τα δεξιά της περιόδου.

17.24. Να διατάξετε τις ομάδες στοιχείων κατά σειρά αυξανόμενης τιμής E_{H} .

α) ${}_3\text{Li}$, ${}_{11}\text{Na}$, ${}_{19}\text{K}$, ${}_{37}\text{Rb}$, ${}_{55}\text{Cs}$, ${}_{87}\text{Fr}$.

β) ${}_{11}\text{Na}$, ${}_{12}\text{Mg}$, ${}_{13}\text{Al}$, ${}_{14}\text{Si}$, ${}_{15}\text{P}$, ${}_{16}\text{S}$, ${}_{17}\text{Cl}$, ${}_{18}\text{Ar}$.

17.25. Να αντιστοιχήσετε τα στοιχεία με τις ατομικές τους ακτίνες ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$).

A.	${}_{11}\text{Na}$	1.	$2,27 \text{ \AA}$
B.	${}_{17}\text{Cl}$	2.	$1,54 \text{ \AA}$
Γ.	${}_{19}\text{K}$	3.	$2,48 \text{ \AA}$
Δ.	${}_{37}\text{Rb}$	4.	$0,99 \text{ \AA}$

17.26. Δίνονται τα στοιχεία: ${}_{11}\text{Na}$, ${}_{17}\text{Cl}$, ${}_{19}\text{K}$.

- α) Να βρείτε τη θέση των παραπάνω στοιχείων στον περιοδικό πίνακα, δηλαδή την ομάδα, την περίοδο και τον τομέα.
β) Να ταξινομήσετε τα παραπάνω στοιχεία κατά αύξουσα ατομική ακτίνα και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2016]

17.27. Δίνονται τα στοιχεία ${}_{11}\text{X}$ και ${}_9\text{Y}$.

α) Πώς κατανέμονται σε υποστιβάδες τα ηλεκτρόνια των ατόμων X και Y, όταν αυτά βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση;

β) Ποιο από τα άτομα X και Y έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

17.28. Δίνονται τα στοιχεία ${}_{11}\text{Na}$ και ${}_{17}\text{Cl}$.

α) Ποιες είναι οι ηλεκτρονιακές δομές των ατόμων τους στη θεμελιώδη κατάσταση;

β) Ποιο από τα δύο αυτά στοιχεία έχει τη μικρότερη ατομική ακτίνα; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

17.29. Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται οι πρώτες οκτώ ενέργειες ιοντισμού (σε $\text{MJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) ενός αμετάλλου.

E_{i1}	1,3
E_{i2}	3,4
E_{i3}	5,3
E_{i4}	7,5
E_{i5}	11
E_{i6}	13,3
E_{i7}	71,3
E_{i8}	84

α) Πόσα ηλεκτρόνια σθένους πιθανολογείτε να έχει το στοιχείο; β) Σε ποια ομάδα του Π.Π. μπορεί να ανήκει;

17.30. Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει τις τιμές των διαδοχικών ενεργειών ιοντισμού (σε $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) πέντε στοιχείων Α, Β, Γ, Δ και Ε του περιοδικού πίνακα με διαδοχικούς ατομικούς αριθμούς. Ποιο στοιχείο μπορεί να ανήκει στη 2η (IIA) ομάδα του περιοδικού πίνακα;

	E_{i1}	E_{i2}	E_{i3}	E_{i4}
A.	1681	3374	6051	8408
B.	2081	3952	6122	9370
Γ.	496	4563	6913	9544
Δ.	738	1451	7733	10.541
E.	578	1817	2745	11.578

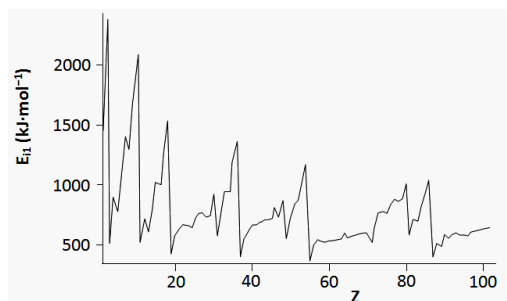
Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

17.31. Θεωρήστε τα άτομα: $_{16}\text{S}$, $_{17}\text{Cl}$, $_{32}\text{Ge}$ και $_{34}\text{Se}$. α) Ποια η ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων αυτών στη θεμελιώδη τους κατάσταση; β) Να κατατάξετε τα στοιχεία κατά φθίνουσα ατομική ακτίνα.

17.32. Θεωρείστε τα στοιχεία της 3ης περιόδου του Π.Π. Ποιος ο ατομικός αριθμός του στοιχείου, που:

- Έχει τη μικρότερη ατομική ακτίνα.
- Είναι το πιο ηλεκτραρνητικό.
- Είναι το πιο δραστικό μέταλλο.
- Σχηματίζει οξείδιο του τύπου $\text{X}^{2+}\text{O}^{2-}$.

17.33. Δίνεται το διάγραμμα των ενεργειών πρώτου ιοντισμού E_{i1} (σε kJ/mol) των στοιχείων ως συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού Ζ. Στο διάγραμμα αυτό να τοποθετήσετε τα ευγενή αέρια και τα αλκάλια. Τα ευγενή αέρια είναι κατά σειρά: $_{2}\text{He}$, $_{10}\text{Ne}$, $_{18}\text{Ar}$, $_{36}\text{Kr}$, $_{54}\text{Xe}$ και $_{86}\text{Rn}$, ενώ τα αλκάλια είναι $_{3}\text{Li}$, $_{11}\text{Na}$, $_{19}\text{K}$, $_{37}\text{Rb}$, $_{55}\text{Cs}$, $_{87}\text{Fr}$.



17.34. α) Ποιος ο ατομικός αριθμός του μικρότερου ατόμου της 13ης (IIIA) ομάδας;

β) Από τα άτομα, $_{38}\text{Sr}$, $_{49}\text{In}$, $_{51}\text{Sb}$, $_{52}\text{Te}$, $_{84}\text{Po}$, ποιο έχει τη μικρότερη ατομική ακτίνα; Εξηγήστε.

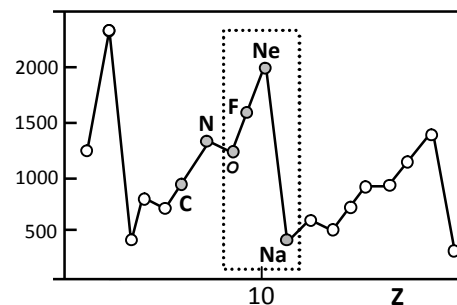
17.35. α) Ποιο κατιόν έχει μικρότερο μέγεθος, το $_{11}\text{Na}^+$ ή το $_{12}\text{Mg}^{2+}$; β) Ποιο από τα ανιόντα, $_{8}\text{O}^{2-}$, $_{9}\text{F}^-$ και $_{16}\text{S}^{2-}$ έχει το μικρότερο μέγεθος; Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

17.36. Να διευθετήσετε τα άτομα που ακολουθούν κατά σειρά αυξανόμενης ατομικής ακτίνας: $_{6}\text{C}$, $_{9}\text{F}$, $_{11}\text{Na}$ και $_{13}\text{Al}$.

17.37. Να ταξινομήσετε τα σωματίδια, O , F , S και S^{2-} σε σχέση με το μέγεθός τους (από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο). Δίνονται οι ατομικοί αριθμοί, $\text{O}:8$, $\text{F}:9$, $\text{S}:16$. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

17.38. Να εξηγήσετε τη διαφορά στην ενέργεια πρώτου ιοντισμού, E_{i1} , μεταξύ των στοιχείων:
α) $_{1}\text{H}$ και $_{2}\text{He}$. β) $_{3}\text{Li}$ και $_{19}\text{K}$.

17.39. Στο διάγραμμα που ακολουθεί εμφανίζονται οι ενέργειες ιοντισμού (σε $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) στα άτομα των στοιχείων με $Z = 1-19$. Να εξηγηθούν οι σχετικές τιμές τους για τα άτομα των 4 στοιχείων που περιλαμβάνονται στο διάστικτο πλαίσιο.



17.40. Το άτομο ενός στοιχείου Χ έχει μεγαλύτερη ακτίνα από το άτομο ενός άλλου στοιχείου Υ. Ποιο στοιχείο προβλέπεται να έχει μεγαλύτερη τιμή της E_{i1} ; Εξηγήστε.

17.41. Δύο διαφορετικά αλογόνα Χ και Υ σχηματίζουν διατομικά μόρια του τύπου $\text{X}-\text{Y}$. Σε ποιο από τα μόρια, $\text{Cl}-\text{F}$, $\text{Br}-\text{F}$, $\text{I}-\text{F}$, $\text{Br}-\text{Cl}$, $\text{I}-\text{Cl}$ και $\text{I}-\text{Br}$, ο ομοιοπολικός δεσμός είναι περισσότερο πολωμένος; Εξηγήστε.

17.42. α) Θεωρήστε το άτομο του $_{11}\text{Na}$. Να εξηγήσετε γιατί υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των E_{i1} και E_{i2} , καθώς επίσης και μεταξύ των E_{i9} και E_{i10} .
β) Το Na^+ και το $_{10}\text{Ne}$ είναι ισοηλεκτρονικά. Η ενέργεια δεύτερου ιοντισμού του Na έχει τιμή $E_{i2} = 4562 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Η ενέργεια πρώτου ιοντισμού του Ne έχει τιμή $E_{i1} = 2081 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Να εξηγήσετε τη διαφορά.

Για καλούς... λύστες

17.43. Οι τιμές για τις ενέργειες ιοντισμού E_{i1} , E_{i2} , E_{i3} και E_{i4} ενός στοιχείου είναι, αντίστοιχα, 738, 1.451, 7.733 και $11.000 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

α) Να πιθανολογήσετε την αιτία της μεγάλης διαφοράς μεταξύ E_{i2} και E_{i3} και να προβλέψετε την ομάδα του Π.Π. που μπορεί να ανήκει το στοιχείο αυτό.

β) Αν είναι επιπλέον γνωστό ότι ανήκει στην τρίτη περίοδο: i. να ταξινομήσετε τα ηλεκτρόνια του σε στιβάδες και σε υποστιβάδες, στη θεμελιώδη κατάσταση, και ii. να προσδιορίσετε το άθροισμα των κβαντικών αριθμών spin.

17.44. Το στοιχείο Α είναι το 1ο στοιχείο της 7ης (VIIB) ομάδας του περιοδικού πίνακα.

α) Ποιος ο ατομικός αριθμός (Z) του ατόμου του στοιχείου Α και ποια η ηλεκτρονιακή του δομή στη θεμελιώδη κατάσταση;

β) Πόσα μονήρη ηλεκτρόνια και πόσα ηλεκτρόνια με $m_l = -1$ διαθέτει το άτομο του στοιχείου Α στη θεμελιώδη του κατάσταση; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

γ) Να συγκρίνετε την ενέργεια ιοντισμού του ατόμου του Α με τις ενέργειες ιοντισμού των ατόμων $_{35}\text{Br}$ και $_{10}\text{Ne}$. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

17.45. Οι διαδοχικές ενέργειες ιοντισμού για τα πέντε ηλεκτρόνια του $_{5}\text{B}$, είναι: 801, 2430, 3.670, 25.000 και $32.800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

α) Γιατί υπάρχει αύξηση των διαδοχικών τιμών των ενεργειών ιοντισμού;

β) Γιατί υπάρχει τόσο μεγάλη διαφορά μεταξύ των E_{i3} και E_{i4} ;

γ) Οι τιμές των τεσσάρων πρώτων ενεργειών ιοντισμού για το Β είναι πολύ μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές για το $_{13}\text{Al}$. Να εξηγήσετε γιατί.

17.46. Δίνονται τα στοιχεία: $_{9}\text{F}$, $_{12}\text{Mg}$, $_{13}\text{Al}$, $_{15}\text{P}$, $_{17}\text{Cl}$ και $_{20}\text{Ca}$.

α) Να αντιστοιχήσετε τα στοιχεία με τις τιμές των E_{i1} στον πίνακα που ακολουθεί.

	Στοιχεία		$E_{i1} (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$
A.	F	1.	578
B.	Mg	2.	590
Γ.	Al	3.	738
Δ.	P	4.	1012
E.	Cl	5.	1251
ΣΤ.	Ca	6.	1681

β) Ένα από τα στοιχεία αυτά ανήκει στην 3η περίοδο και έχει: $E_{i2} = 1451 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ και $E_{i3} = 7733 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Ποιο μπορεί να είναι το στοιχείο αυτό;

γ) Ποιο από τα παραπάνω στοιχεία περιμένετε να έχει τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα και ποιο τη μικρότερη. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

δ) Να συγκρίνετε τις ιοντικές ακτίνες των Ca^{2+} και Cl^- .

17.47. Ένα ξεχωριστό θέμα Το απλουστευμένο διάγραμμα των ενεργειών του ατόμου του $_{11}\text{Na}$ δίνεται στο διπλανό σχήμα ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

α) Να γράψετε την ηλεκτρονιακή δομή ενός ατόμου Na στη θεμελιώδη του κατάσταση. Ποια η ενέργεια (σε eV) της κατάστασης αυτής, σύμφωνα με το διάγραμμα;

β) i. Ποιες από τις ενέργειες που εμφανίζονται στο παραπάνω σχήμα αντιστοιχούν σε διεγερμένες καταστάσεις ενός ατόμου Na;

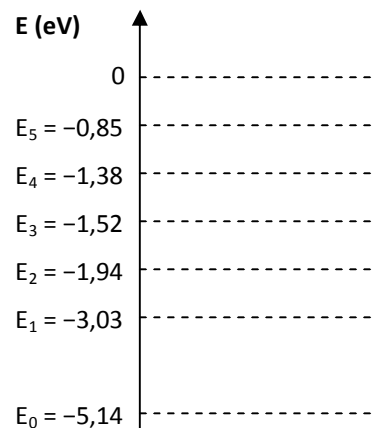
ii. Ποια η πιθανή ηλεκτρονιακή δομή για ένα άτομο Na που διαθέτει ενέργεια ίση με $-3,03 \text{ eV}$;

γ) Οι λυχνίες Na περιέχουν ατμούς Na σε χαμηλή πίεση και χρησιμοποιούνται για το φωτισμό οδικών σηράγγων, παράγοντας ένα έντονο κίτρινο φωτισμό. Στις λυχνίες αυτές τα άτομα Na διεγείρονται από δέσμη ηλεκτρονίων που διατρέχει το σωλήνα της λάμπας. Ο κίτρινος φωτισμός προκύπτει από τη μετάπτωση ενός ηλεκτρονίου από την πρώτη διεγερμένη του κατάσταση στη θεμελιώδη. i. Ποια η ενέργεια του φωτονίου (σε eV) και ii. ποιο το μήκος κύματος λ που παράγεται κατά τη μετάπτωση αυτή; Δίνονται: $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ και $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

δ) Ένα άτομο Na που βρίσκεται στην κατάσταση E_1 απορροφά ένα φωτόνιο ενέργειας $1,09 \text{ eV}$.

i. Τι αποτέλεσμα θα έχει η απορρόφηση αυτή; ii. Ποια η ηλεκτρονιακή δομή της νέας αυτής κατάστασης του ατόμου του Na;

ε) i. Ποια η τιμή της ενέργειας πρώτου ιοντισμού σε eV για το άτομο του Na με βάση το παραπάνω διάγραμμα; ii. Να συγκρίνετε την ενέργεια αυτή με την ενέργεια ιοντισμού ενός ατόμου Mg ($Z = 12$).



ΦΥΛΛΑΔΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 17

Στις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής 1 - 13 να σημειώσετε απλά τη σωστή απάντηση ($4 \times 13 = 52$ μονάδες).

1. Στοιχείο έχει δομή: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$. Ποια από τα ηλεκτρόνια του εμφανίζουν το μεγαλύτερο δραστικό πυρηνικό φορτίο (Z_{eff}) και ποια την μεγαλύτερη προστασία από το πυρηνικό φορτίο;

- μεγαλύτερο Z_{eff} μεγαλύτερη προστασία
- A) Τα $1s^2$ Τα $2s^2$
 B) Τα $1s^2$ Τα $3s^2$
 Γ) Τα $2s^2$ Τα $3s^2$
 Δ) Τα $3s^2$ Τα $1s^2$
 Ε) Τα $3s^2$ Τα $2p^6$

2. Από τα επόμενα στοιχεία τη μικρότερη ατομική ακτίνα έχει το στοιχείο: [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]

- A) ${}_6\text{C}$ B) ${}_8\text{O}$ Γ) ${}_9\text{F}$ Δ) ${}_{17}\text{Cl}$

3. Σε ποια περίπτωση τα άτομα ή τα ιόντα είναι ταξινομημένα κατά αυξανόμενο μέγεθος;

- A) N, O, F B) Na, Mg, K
 Γ) Cr, Cr^{2+} , Cr^{3+} Δ) Cl, Cl^- , S^{2-}

Ατομικοί αριθμοί, N:7, O:8, F:9, Na:11, Mg:12, K:19, Cr:24, Cl:17, S:16.

4. Ποιο από τα άτομα των στοιχείων που ακολουθούν σχηματίζει ιόν με δομή ευγενούς αερίου με το μεγαλύτερο μέγεθος;

- A) ${}_{15}\text{P}$ B) ${}_{16}\text{S}$ Γ) ${}_{19}\text{K}$ Δ) ${}_{20}\text{Ca}$

5. Για τα άτομα των στοιχείων της 3ης περιόδου από αριστερά προς τα δεξιά, παρατηρούμε:

- A) αύξηση της ατομικής ακτίνας και αύξηση της ενέργειας ιοντισμού
 B) αύξηση της ατομικής ακτίνας και μείωση της ενέργειας ιοντισμού
 Γ) μείωση της ατομικής ακτίνας και αύξηση της ενέργειας ιοντισμού
 Δ) μείωση της ατομικής ακτίνας και μείωση της ενέργειας ιοντισμού

6. Ποια από τις ηλεκτρονιακές δομές εξωτερικής στιβάδας αντιστοιχεί σε άτομο στοιχείου με τη μεγαλύτερη E_{II} ;

- A) $2s^2 2p^1$ B) $2s^2 2p^2$ Γ) $2s^2 2p^3$ Δ) $3s^2 3p^3$

7. Η τρίτη ενέργεια ιοντισμού του τιτανίου (Ti) αντιστοιχεί στη μετατροπή:

- A) $\text{Ti}^{2+}(\text{g}) \rightarrow \text{Ti}^{3+}(\text{g}) + e^-$ B) $\text{Ti}^{3+}(\text{g}) \rightarrow \text{Ti}^{4+}(\text{g}) + e^-$
 Γ) $\text{Ti}^{4+}(\text{g}) + e^- \rightarrow \text{Ti}^{3+}(\text{g})$ Δ) $\text{Ti}(\text{g}) \rightarrow \text{Ti}^{3+}(\text{g}) + 3 e^-$

8. Ποιο από τα παρακάτω σωματίδια σε αέρια φάση και στη θεμελιώδη κατάσταση απαιτεί λιγότερη ενέργεια για την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου;

- A) ${}_3\text{Li}$ B) ${}_{11}\text{Na}$ Γ) ${}_{18}\text{Ar}$ Δ) ${}_{11}\text{Na}^+$

9. Αν η 2η ενέργεια ιοντισμού του στοιχείου ${}_{12}\text{Mg}$ είναι $1451 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, τότε η 2η ενέργεια ιοντισμού του στοιχείου ${}_{11}\text{Na}$ μπορεί να είναι:

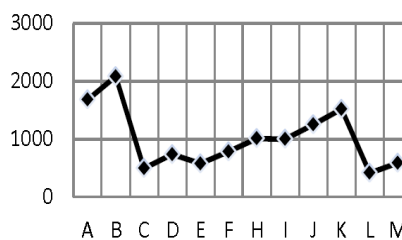
- A) 4563 B) 725 Γ) 1350 Δ) 1451

[Π.Μ.Δ.Χ.]

10. Ποια από τις ακόλουθες δομές αντιστοιχεί σε άτομο στοιχείου με μεγαλύτερη τιμή της E_{II} από τον ${}_6\text{C}$;

- A) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ B) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
 Γ) $1s^2 2s^2 2p^1$ Δ) $1s^2 2s^2 2p^4$

11. Στο διάγραμμα που ακολουθεί εμφανίζονται, σε $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, οι ενέργειες πρώτου ιοντισμού για μία διαδοχική σειρά στοιχείων, (με διαδοχικούς ατομικούς αριθμούς, αρχίζοντας από $Z = 1$) που συμβολίζονται αυθαίρετα ως A, B, C, D κτλ.



Ποιο από τα στοιχεία αυτά μπορεί να είναι αλογόνο;

- A) Το J B) Το K Γ) Το A Δ) Το B

12. Οι τιμές των ενεργειών ιοντισμού E_{II} , E_{I2} και E_{I3} του ατόμου στοιχείου είναι 900, 1.757 και $14.849 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, αντίστοιχα. Το στοιχείο αυτό ανήκει:

- A) στην ΙΑ (1η) ομάδα του Π.Π.
 B) στην ΙΙΑ (2η) ομάδα του Π.Π.
 Γ) στα ευγενή αέρια
 Δ) στην ΙVΑ (14η) ομάδα Π.Π.

13. Ένα στοιχείο έχει ισχυρότερο μεταλλικό χαρακτήρα (πιο ηλεκτροθετικό στοιχείο), όταν έχει:

- A) μεγαλύτερη ατομική ακτίνα
 B) μικρότερη ατομική ακτίνα
 Γ) μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα
 Δ) μεγαλύτερη τιμή της E_{II}

14. Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστές (Σ) ή λανθασμένες (Λ). Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας **μόνο** στην περίπτωση των λανθασμένων προτάσεων. **(16 μονάδες)**

Α) Στα στοιχεία της ίδιας ομάδας του περιοδικού πίνακα, η ενέργεια πρώτου ιοντισμού αυξάνεται με την αύξηση του ατομικού αριθμού (Z).

Β) Από τα στοιχεία $_{17}\text{Cl}$ και $_{35}\text{Br}$ που ανήκουν στην ίδια ομάδα του περιοδικού πίνακα, το $_{17}\text{Cl}$ έχει τη μικρότερη ατομική ακτίνα.

Γ) Το στοιχείο με την μεγαλύτερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού από όλα τα στοιχεία της τρίτης περιόδου του Περιοδικού Πίνακα έχει ατομικό αριθμό 18.

Δ) Τα μέταλλα έχουν σχετικά υψηλές τιμές ενέργειας ιοντισμού.

Ε) Σε ένα ελεύθερο άτομο, η ενέργεια δεύτερου ιοντισμού του (E_{i2}) έχει μικρότερη τιμή από εκείνη του πρώτου ιοντισμού του (E_{i1}), δηλαδή ισχύει $E_{i2} < E_{i1}$. **[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]**

ΣΤ) Το φορτίο του πυρήνα σε συνδυασμό με τα ενδιάμεσα ηλεκτρόνια καθορίζουν την τιμή του δραστικού πυρηνικού φορτίου.

Ζ) Οι παράμετροι που παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της τιμής της ενέργειας ιοντισμού είναι η ατομική ακτίνα, το πυρηνικό φορτίο και τα ενδιάμεσα ηλεκτρόνια.

15. Να αιτιολογήσετε την ισχύ της πρότασης που ακολουθεί.

Αν η ενέργεια ιοντισμού ενός ατόμου είναι E_{i1} (σε $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$), η ελάχιστη συχνότητα φωτός (σε s^{-1} ή Hz) που μπορεί να προκαλέσει ιοντισμό στο άτομο δίνεται από τη σχέση,

$$\nu = \frac{1000 \cdot E_{i1}}{N_A \cdot h},$$

όπου N_A ο αριθμός του Avogadro και h η σταθερά του Planck.

(3 μονάδες)

16. Δίνονται τα άτομα: $_{19}\text{K}$, $_{3}\text{Li}$, $_{11}\text{Na}$. Να κατατάξετε τα άτομα κατά σειρά αυξανόμενης ατομικής ακτίνας. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. **[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]** **(4 μονάδες)**

17. Δίνονται τα στοιχεία $_{20}\text{Ca}$ και $_{21}\text{Sc}$.

α) Ποιες είναι οι ηλεκτρονιακές δομές των στοιχείων αυτών στη θεμελιώδη κατάσταση;

β) Ποιο από τα δύο αυτά στοιχεία έχει τη μικρότερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

γ) Να γραφούν οι ηλεκτρονιακές δομές των ιόντων Ca^{2+} και Sc^{3+} . **[ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ]**

(4μονάδες)

18. Ένα στοιχείο X ανήκει στην 3η περίοδο του Π.Π. και στην 15η (VA) ομάδα.

α) Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου X; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

β) Ποιος ο ατομικός αριθμός ενός άλλου στοιχείου Y που ανήκει στην ίδια ομάδα με το X και έχει μεγαλύτερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού (E_{i1}); Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ] **(4 μονάδες)**

19. Για τα στοιχεία A, B, Γ με ατομικούς αριθμούς Z, Z+1, Z+2, αντίστοιχα, δίνονται οι ακόλουθες ενέργειες ιοντισμού σε $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Στοιχείο	E_{i1}	E_{i2}	E_{i3}
A	2081	3952	6122
B	496	4562	6910
Γ	738	1451	7733

α) Σε ποια ομάδα του περιοδικού πίνακα ανήκει το στοιχείο B;

β) Να αιτιολογήσετε γιατί η E_{i2} του B είναι μεγαλύτερη από την E_{i2} του Γ.

γ) Να κατατάξετε τα στοιχεία A, B, Γ κατά αύξουσα ατομική ακτίνα. [ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2016]

(7 μονάδες)

20. Δίνονται τα στοιχεία A, B, Γ και Δ με ατομικούς αριθμούς 11, 14, 16 και 19, αντίστοιχα.

α) Να προσδιορίσετε τη θέση των στοιχείων αυτών στον Π.Π. (ομάδα, περίοδο και τομέα).

β) Ποιο από τα στοιχεία αυτά έχει τη μικρότερη τιμή της E_{i1} και επίσης τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα;

γ) Ποιος ο ατομικός αριθμός ενός στοιχείου που ανήκει στην ίδια ομάδα με το στοιχείο B και ταυτόχρονα διαθέτει μικρότερη ατομική ακτίνα και μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα από αυτό;

δ) Δύο από τα στοιχεία αυτά χαρακτηρίζονται ως μέταλλα, ένα ως αμέταλλο και ένα ως μεταλλοειδές. Ποιο είναι ποιο;

(10 μονάδες)



1ο ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ: ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ

Θέμα Α

Για τις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής Α1 - Α5 να γράψετε τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση ($4 \times 5 = 20$ μόρια).

A1. Σχετικά με το ατομικό πρότυπο του Bohr για το άτομο του H, ποια από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι λανθασμένη;

- A) Η ενέργεια του ηλεκτρονίου αυξάνεται όσο αυξάνεται η τιμή του κύριο κβαντικού αριθμού
- B) Σύμφωνα με τη μηχανική συνθήκη, το ηλεκτρόνιο κινείται γύρω από τον πυρήνα σε ορισμένες μόνο επιτρεπόμενες κυκλικές τροχιές καθορισμένης ενέργειας, με άλλα λόγια η ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι κβαντισμένη
- Γ) Σύμφωνα με την οπτική συνθήκη, το ηλεκτρόνιο εκπέμπει ενέργεια υπό μορφή ακτινοβολίας, μόνον όταν μεταπηδήσει από τροχιά μεγαλύτερης ενέργειας E_i σε τροχιά μικρότερης ενέργειας E_f
- Δ) Η διαφορά ενέργειας μεταξύ της στιβάδας K και της στιβάδας L είναι μικρότερη από τη διαφορά ενέργειας μεταξύ της L και της M

A2. Το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου υδρογόνου έχει $m_\ell = 0$. Το ηλεκτρόνιο αυτό:

- A) βρίσκεται στη στιβάδα K
- B) βρίσκεται σε τροχιακό s
- Γ) βρίσκεται σε τροχιακό s ή p
- Δ) μπορεί να βρίσκεται σε οποιοδήποτε τροχιακό

A3. Ποιος είναι ο μικρότερος ατομικός αριθμός στοιχείου που έχει στη θεμελιώδη του κατάσταση ένα ζεύγος ηλεκτρονίων σε p υποστιβάδα;

- A) 4
- B) 8
- Γ) 6
- Δ) 9

A4. Ποια από στις παρακάτω ηλεκτρονιακές δομές εξωτερικής στιβάδας αντιστοιχεί σε άτομο με τη μεγαλύτερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα;

- A) $2s^2 2p^1$
- B) $2s^2 2p^4$
- Γ) $3s^2 3p^3$
- Δ) $2s^2$

A5. Σε ποια κατεύθυνση υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα παρουσίας ενός ηλεκτρονίου i. σε τροχιακό 2s, ii. σε τροχιακό $2p_x$;

- A) i. Στον άξονα x, ii. στον άξονα x
- B) i. Στον άξονα x, ii. στο επίπεδο που ορίζεται από τους άξονες y και z
- Γ) i. Στον άξονα x, ii. στους άξονες y και z
- Δ) i. Σε όλες τις κατευθύνσεις, ii. στον άξονα x

Θέμα Β

B1. Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστές ή λανθασμένες. Δεν απαιτείται αιτιολόγηση.

- A) Ο κύριος κβαντικός αριθμός (n) είναι ενδεικτικός της έλξης πυρήνα - ηλεκτρονίου.
- B) Όλα τα στοιχεία που έχουν 2 ηλεκτρόνια στην εξωτερική στιβάδα ανήκουν στη 2η (IIA) ομάδα του περιοδικού πίνακα.
- Γ) Το Al_2O_3 είναι επαμφοτερίζον οξείδιο.
- Δ) Από τα στοιχεία $_{13}Al$, $_{16}S$, $_{17}Cl$ και $_{20}Ca$ το πιο ηλεκτροθετικό στοιχείο είναι το $_{20}Ca$.
- Ε) Στην κβαντομηχανική εικόνα για το άτομο του H, το ψ^2 εκφράζει την πιθανότητα να βρεθεί το ηλεκτρόνιο σε στοιχειώδη περιοχή (ΔV) του χώρου γύρω από τον πυρήνα, ενώ το $-\epsilon\psi^2$ εκφράζει την κατανομή ή την πυκνότητα του ηλεκτρονιακού νέφους στο χώρο γύρω από τον πυρήνα. [5 μόρια]

B2. Το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου υδρογόνου, σε διεγερμένη κατάσταση, έχει ενέργεια:

$$E = -\frac{2,18 \cdot 10^{-18}}{16} \text{ (J)}$$

α) Σε ποιες υποστιβάδες μπορεί να βρίσκεται το ηλεκτρόνιο, αν είναι επίσης γνωστό ότι έχει $m_l = 2$;

β) Πόσα φωτόνια διαφορετικών συχνοτήτων μπορούν να παραχθούν κατά την αποδιέγερση του ηλεκτρονίου (μετάβαση στη θεμελιώδη κατάσταση είτε απευθείας είτε μέσω ενδιάμεσων στιβάδων); [7 μόρια]

B3. Να θεωρήσετε την 3η περίοδο του περιοδικού πίνακα.

α) Πόσα στοιχεία διαθέτει η περίοδος αυτή;

β) Να γράψετε τις ηλεκτρονιακές δομές (σε υποστιβάδες) του αλκαλίου και του αλογόνου της 3ης περιόδου, στη θεμελιώδη κατάσταση.

γ) Ποιος ο ατομικός αριθμός του στοιχείου της 3ης περιόδου με τα περισσότερα μονήρη (ασύζευκτα) ηλεκτρόνια;

δ) Να προσδιορίσετε τον ατομικό αριθμό (Z) του στοιχείου της 3ης περιόδου με τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα και του στοιχείου με τη μεγαλύτερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού.

Σε όλες τις περιπτώσεις να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας. [13 μόρια]

Θέμα Γ

Γ1. Ένα άτομο στη θεμελιώδη κατάσταση διαθέτει 2 μονήρη ηλεκτρόνια στη στιβάδα M. Να προσδιορίσετε τους δυνατούς ατομικούς του αριθμούς. [10 μόρια]

Γ2. Ένα ηλεκτρόνιο ενός ατόμου του στοιχείου X ανήκει στη στιβάδα σθένους του και χαρακτηρίζεται από τους κβαντικούς αριθμούς: 0, +1/2, 1 και 3 (με τυχαία σειρά).

α) Ποιος κβαντικός αριθμός αντιστοιχεί σε κάθε τιμή;

β) Το άτομο του στοιχείου, στη θεμελιώδη κατάσταση, έχει στη στιβάδα σθένους άλλα τρία ηλεκτρόνια που έχουν την ίδια ενέργεια με το ηλεκτρόνιο που διαθέτει την παραπάνω τετράδα κβαντικών αριθμών. **i.** Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου X; **ii.** Ποιος ο ατομικός αριθμός του σεληνίου (Se) αν ξέρουμε ότι βρίσκεται ακριβώς κάτω στον περιοδικό πίνακα από το στοιχείο X; **iii.** Να συγκρίνετε τις ατομικές ακτίνες του στοιχείου X με την ατομική ακτίνα του Se.

Σε όλες τις περιπτώσεις να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας. [15 μόρια]

Θέμα Δ

Δ1. Στο απόσπασμα του περιοδικού πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται 4 στοιχεία που ανήκουν στις περιόδους 2, 3 και 4 και στις ομάδες 14η (IVA), 15η (VA) και 16η (VIA).

	14	15	16
2η			O
3η			S
4η	Ge	As	Se

α) i. Σε ποιο τομέα του περιοδικού πίνακα ανήκουν τα στοιχεία αυτά; **ii.** Ποιο ή ποια από τα στοιχεία αυτά διαθέτουν συμπληρωμένη υποστιβάδα τύπου d;

β) i. Να γραφεί η ηλεκτρονιακή δομή της εξωτερικής στιβάδας όλων των παραπάνω στοιχείων. **ii.** Ποιο από τα στοιχεία αυτά έχει μεγαλύτερο άθροισμα κβαντικών αριθμών spin;

γ) Ποια από τα στοιχεία αυτά εμφανίζει τη μεγαλύτερη ατομική ακτίνα και ποιο τη μεγαλύτερη ενέργεια ιοντισμού;

δ) Ποιο από τα στοιχεία σχηματίζει με το ^{12}Mg ένωση με τον περισσότερο ιοντικό χαρακτήρα; Ποιος ο τύπος της ένωσης αυτής; [13 μόρια]



2ο ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ: ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ

Θέμα Α

Για τις παρακάτω 7 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής γράψτε τον αριθμό της ερώτησης και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση ($7 \times 3 = 21$ μόρια).

A1. Ποια από τις ακόλουθες μεταπτώσεις του ηλεκτρονίου του ατόμου του H απαιτεί την απορρόφηση φωτονίου μικρότερης συχνότητας;

- A) από $n = 6$ σε $n = 2$ B) από $n = 4$ σε $n = 6$
Γ) από $n = 3$ σε $n = 6$ Δ) από $n = 1$ σε $n = 2$

A2. Το μήκος κύματος κατά de Broglie ενός σωματιδίου είναι:

- A) ανεξάρτητο από την κινητική του ενέργεια, K
B) ανεξάρτητο από την ταχύτητά του, v
Γ) ανάλογο με την ταχύτητά του και αντιστρόφως ανάλογο με τη μάζα του
Δ) αντιστρόφως ανάλογο με την ορμή του

A3. Ποιο από το παρακάτω είναι το στοιχείο M του οποίου το ιόν M^{3+} έχει δομή $3d^2$, στη θεμελιώδη του κατάσταση;

- A) ${}_{22}\text{Ti}$ B) ${}_{23}\text{V}$ Γ) ${}_{25}\text{Mn}$ Δ) ${}_{26}\text{Fe}$

A4. Πόσα ηλεκτρόνια του ιόντος ${}_{30}\text{Zn}^{2+}$ στη θεμελιώδη του κατάσταση έχουν $m_l = -1$;

- A) 2 B) 4 Γ) 6 Δ) 8

A5. Στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων, οι ηλεκτρονιακές υποστιβάδες που συμπληρώνονται διαδοχικά στη δεύτερη σειρά των στοιχείων μετάπτωσης (τα στοιχεία μετάπτωσης τις 5ης περιόδου), τις λανθανίδες και τις ακτινίδες είναι, αντίστοιχα οι υποστιβάδες:

	2η σειρά στοιχείων μετάπτωσης	Λανθανίδες	Ακτινίδες
A)	3d	5f	4f
B)	4d	4f	5f
Γ)	4d	5d	6d
Δ)	5d	4f	5f

A6. Η χημική εξίσωση που αντιστοιχεί στην ενέργεια πρώτου ιοντισμού για το στοιχείο βρώμιο είναι η εξής:

- A) $\text{Br}_2(\text{g}) + e^- \rightarrow \text{Br}_2^-(\text{g})$ B) $\text{Br}(\text{g}) \rightarrow \text{Br}^+(\text{g}) + e^-$
Γ) $\text{Br}(\text{g}) + e^- \rightarrow \text{Br}^-(\text{g})$ Δ) $\text{Br}^+(\text{g}) + e^- \rightarrow \text{Br}(\text{g})$

A7. Θεωρείστε τα οξείδια μερικών στοιχείων τις 3ης περιόδου του Π.Π., Na_2O , MgO , Al_2O_3 , P_4O_{10} και SO_3 . Ποια από τις επιλογές A, B, Γ ή Δ αποδίδει τον όξινο (O), βασικό (B) ή επαμφοτερίζοντα (E) χαρακτήρα των οξειδίων αυτών;

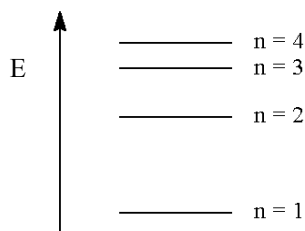
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	P_4O_{10}	SO_3
A)	O	O	E	B	B
B)	B	B	B	O	O
Γ)	B	B	E	O	O
Δ)	B	B	E	E	E

A8. Να αναφέρετε δύο ομοιότητες και δύο διαφορές της περιγραφής του ατόμου του υδρογόνου, α) σύμφωνα με τη θεωρία του Bohr και β) σύμφωνα με την κβαντομηχανική.

[4 μόρια]

Θέμα Β

B1. α) Ποιος είναι ο αριθμός των φασματικών γραμμών εκπομπής που προκύπτουν από ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις μεταξύ των 4 πρώτων ενεργειακών στιβάδων του ατόμου του H; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. [3 μόρια]



β) Το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου υδρογόνου μεταπίπτει από τη στιβάδα N στη στιβάδα L και στη συνέχεια από την L στην K. Ποια η τιμή του λόγου λ_1/λ_2 των μηκών κύματος λ_1 και λ_2 των παραγόμενων φωτονίων κατά την πρώτη και τη δεύτερη μετάπτωση; [5 μόρια]

B2. Ποια από τις ηλεκτρονιακές δομές Α - Δ που ακολουθούν:

A: $1s^2 3s^1$ B: $1s^2 2s^3$ Γ: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ Δ: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^0 2p_z^0$

α) Αντιβαίνει στην απαγορευτική αρχή του Pauli.

β) Αντιβαίνει στον κανόνα του Hund.

γ) Αντιστοιχεί σε διεγερμένη κατάσταση.

δ) Αντιστοιχεί σε θεμελιώδη κατάσταση. [4 μόρια]

B3. Το ιόν με φορτίο +2 ενός στοιχείου έχει δομή: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$, στη θεμελιώδη κατάσταση.

α) Ποια η ηλεκτρονιακή δομή του ατόμου στη θεμελιώδη κατάσταση;

β) Σε ποια ομάδα, περίοδο και τομέα ανήκει στο στοιχείο; [6 μόρια]

B4. Να γράψετε την ηλεκτρονιακή δομή, στη θεμελιώδη κατάσταση, των ατόμων των στοιχείων που ακολουθούν. [7 μόρια]

α) Το πρώτο μέλος των ευγενών αερίων.

β) Το στοιχείο του p τομέα με το μικρότερο ατομικό αριθμό.

γ) Το στοιχείο μετάπτωσης με το μικρότερο ατομικό αριθμό.

δ) Το τρίτο μέλος της ομάδας των αλογόνων.

ε) Το στοιχείο της 2ης περιόδου με το μεγαλύτερο αριθμό ασύζευκτων ηλεκτρονίων.

στ) Το αλκάλιο με τη μικρότερη ατομική ακτίνα.

ζ) Το στοιχείο της 4ης περιόδου του οποίου το δισθενές κατιόν διαθέτει 5 μονήρη ηλεκτρόνια.

Θέμα Γ

Γ1. α) Για το άτομο του ${}^2\text{He}$ δίνεται η εξίσωση που αντιστοιχεί στην ενέργεια πρώτου ιοντισμού: $\text{He(g)} \rightarrow \text{He}^+(\text{g}) + e^-$, $E_{11} = 2372 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

i. Να εξηγήσετε γιατί η τιμή αυτή είναι η μεγαλύτερη από τις τιμές των ενεργειών πρώτου ιοντισμού όλων των άλλων στοιχείων του Π.Π.

ii. Να γράψετε την αντίστοιχη εξίσωση που αντιστοιχεί στην ενέργεια δεύτερου ιοντισμού (E_{12}) για το ίδιο στοιχείο. Να συγκρίνετε την E_{11} με την E_{12} .

β) Ποιος ο ατομικός αριθμός του μετάλλου M για το οποίο θα περιμένατε τη μεγαλύτερη τιμή ενέργειας δεύτερου ιοντισμού (E_{12}) από όλα τα στοιχεία του Π.Π.; Να αιτιολογήσετε σύντομα την επιλογή σας. [10 μόρια]

G2. α) Πόσα στοιχεία, στη θεμελιώδη κατάσταση των ατόμων τους, διαθέτουν 2 μονήρη ηλεκτρόνια στη στιβάδα Μ και ποιοι είναι οι ατομικοί τους αριθμοί;

β) Ένα από τα στοιχεία αυτά (X) ανήκει στην 16η ομάδα (VIA) του περιοδικού πίνακα. Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου A που ανήκει στην ίδια ομάδα με το X και διαθέτει μεγαλύτερη E_{el} από το X;

γ) **i.** Ποιος ο ατομικός αριθμός ενός άλλου στοιχείου Y που ανήκει στην ίδια περίοδο με το X και έχει μεγαλύτερη τιμή ενέργειας πρώτου ιοντισμού (E_{H}) από αυτό; **ii.** Να συγκρίνετε την ατομική ακτίνα του X με αυτή του Y.

Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

[15 μόρια]

Θέμα Δ

Δ1. i. Να τοποθετήσετε τα στοιχεία: ${}^2\text{He}$, ${}^9\text{F}$, ${}_{11}\text{Na}$, ${}_{14}\text{Si}$, ${}_{15}\text{P}$, ${}_{17}\text{Cl}$ και ${}_{19}\text{K}$ στο παρακάτω τμήμα του περιοδικού πίνακα. [3 μό]

[3 μόρια]

ii. Να αντιστοιχήσετε τα παραπάνω στοιχεία με τις ενέργειες πρώτου ιοντισμού τους, σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί: [7 μόρια]

[7 μόρια]

	Στοιχεία		E_{il} (kJ·mol ⁻¹)
A.	He	1.	419
B.	F	2.	496
Γ.	Na	3.	786
Δ.	Si	4.	1012
E.	P	5.	1251
ΣΤ.	Cl	6.	1681
Z.	K	7.	2372

Δ2. Ένα από τα στοιχεία αυτά ανήκει στην 3η περίοδο και έχει τις εξής τιμές για τις διαδοχικές ενέργειες ionτισμού $E_{12} = 1577 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $E_{13} = 3228 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $E_{14} = 4354 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ και $E_{15} = 16.100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Να προβλέψετε ποιο μπορεί να είναι το στοιχείο αυτό και να αιτιολογήσετε σύντομα την επιλογή σας. [4 μόρια]

[4 μόρια]

Δ3. Να αντιστοιχήσετε τα ίδια στοιχεία με τις τιμές των ατομικών τους ακτίνων (σε Å) σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί: [7 μόρια]

[7 μόρια]

	Στοιχεία		Ατομικές ακτίνες (σε Å)
A.	He	1.	0,57
B.	F	2.	1,66
Γ.	Na	3.	1,11
Δ.	Si	4.	1,07
E.	P	5.	1,02
ΣΤ.	Cl	6.	2,03
Z.	K	7.	0,28

Δ4. i. Ποιο από τα παραπάνω στοιχεία προβλέπετε να σχηματίζει ιόν του τύπου X^{3-} με ηλεκτρονιακή δομή ευγενούς αερίου; Να γράψετε την ηλεκτρονιακή δομή του ιόντος αυτού.

ii. Να συγκρίνετε τις ιοντικές ακτίνες των ιόντων, F^- , Na^+ και Si^{4+} .

[4 μόρια]