

Απαντήσεις 1^{ης} Γ.Ε. στη Θ.Ε. ΚΦΕ-52
Ακαδημαϊκού Έτους 2013-14

1^η Άσκηση (1 μονάδα)

A) Η δομή ενός κρυστάλλου μπορεί να μελετηθεί παρατηρώντας τα αποτελέσματα της περίθλασης σωματιδίων-κυμάτων από το κρυσταλλικό πλέγμα. Για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα, πρέπει το μήκος κύματος των σωματιδίων-κυμάτων να είναι περίπου ίσο με την απόσταση μεταξύ των ατομικών πυρήνων εντός του κρυστάλλου. Σε έναν τυπικό κρύσταλλο, η απόσταση αυτή ισούται με 0,25 nm. Προσδιορίστε την ενέργεια μιας δέσμης φωτονίων-κυμάτων με το παραπάνω μήκος κύματος, καθώς επίσης μιας δέσμης ηλεκτρονίων-κυμάτων με το ίδιο μήκος κύματος.

B) Μια δέσμη θερμικών νετρονίων έχει θερμοκρασία 300 K. Μπορεί η παραπάνω δέσμη να υποστεί περίθλαση από ένα κρύσταλλο και γιατί;

Απάντηση

A) Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό ότι η σχέση μεταξύ ενέργειας και μήκους κύματος για τα φωτόνια και τα ηλεκτρόνια είναι διαφορετική. Συνεπώς απαιτούνται και διαφορετικοί υπολογισμοί.

Για τα **φωτόνια**:

$$E_{\text{φωτον}} = h\nu = hc / \lambda = (6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js})(2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}) / (0,25 \text{ nm})(10^{-9} \text{ m/nm}) \Leftrightarrow$$
$$E_{\text{φωτον}} = 7,9 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

Για τα **ηλεκτρόνια** πρέπει να συνδυάσουμε δύο εξισώσεις:

Από την εξίσωση de Broglie έχουμε ότι: $\lambda_{\text{ηλεκτρ.}} = h / m v_{\text{ηλεκτρ.}}$

Από την άλλη η συνολική ενέργεια των ηλεκτρονίων ισούται με την κινητική ενέργεια τους:

$$E_{\text{κιν.}} = m v_{\text{ηλεκτρ.}}^2 / 2$$

Συνεπώς πρέπει πρώτα να υπολογισθεί η ταχύτητα των ηλεκτρονίων:

$$v_{\text{ηλεκτρ.}} = h / m \lambda = (6,626 \cdot 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}) / (9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg})(0,25 \cdot 10^{-9} \text{ m}) \Leftrightarrow$$
$$v_{\text{ηλεκτρ.}} = 2,91 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1}$$

Άρα: $E_{\text{ηλεκτρ.}} = m v_{\text{ηλεκτρ.}}^2 / 2 = (9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}) (2,91 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1})^2 / 2 \Leftrightarrow$
 $E_{\text{ηλεκτρ.}} = 3,9 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

B) Υπολογίζουμε πρώτα την $E_{\text{κιν.}}$ των νετρονίων:

$$E_{\text{κιν.}} = E_{\text{θερμ.}} \Leftrightarrow E_{\text{κιν.}} = 3 kT/2 = 3(1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1})(300 \text{ K}) / 2 \Leftrightarrow$$
$$E_{\text{κιν.}} = 6,21 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

Κατόπιν υπολογίζουμε την ταχύτητα των νετρονίων:

$$E_{\text{κιν.}} = m_{\text{νετρ.}} v_{\text{νετρ.}}^2 / 2 = 6,21 \cdot 10^{-21} \text{ J} \Leftrightarrow$$
$$v_{\text{νετρ.}} = \sqrt{2 \times 6,21 \cdot 10^{-21} \text{ J} / 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \Leftrightarrow$$
$$v_{\text{νετρ.}} = 2,723710^4 \text{ ms}^{-1}$$

Τώρα μπορεί να υπολογισθεί το μήκος κύματος de Broglie των νετρονίων, για την περίθλαση των οποίων, πρέπει να είναι περίπου ίσο με την απόσταση μεταξύ των ατομικών πυρήνων εντός του κρυστάλλου (της τάξης των A)

$$\lambda = h / m v = (6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}) / (1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg})(2,723710^4 \text{ ms}^{-1}) \Leftrightarrow$$
$$\lambda = 1,45 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,145 \text{ nm}$$

Συνεπώς, η παραπάνω δέσμη μπορεί να περιθλασθεί, καθόσον το μήκος κύματος των σωματιδίων-κυμάτων είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με την απόσταση μεταξύ των ατομικών πυρήνων εντός του κρυστάλλου (0,25 nm).

2^η Άσκηση (1 μονάδα)

A) Ένα μικροσκόπιο χρησιμοποιεί κατάλληλα φωτόνια για τον εντοπισμό της θέσης ενός ηλεκτρονίου μέσα σε ένα άτομο με αβεβαιότητα ίση με 0,1 Å. Ποια είναι η αβεβαιότητα στη μέτρηση της ταχύτητας του ηλεκτρονίου;

B) Ένα μπαλάκι του γκολφ έχει μάζα 40 g και ταχύτητα 45 m/s. Αν η ταχύτητα μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια της τάξης του 2%, να υπολογίσετε την αβεβαιότητα στον προσδιορισμό της θέσης του. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των δύο ερωτημάτων.

Απάντηση

$$A) \Delta x \Delta p = h / 4\pi \text{ ή } \Delta x m \Delta v = h / 4\pi$$

$$\Delta v = h / 4\pi \Delta x m \Leftrightarrow \Delta v = (6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}) / (4 \times 3,14 \times 0,1 \times 10^{-10} \text{ m} \times 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg})$$

$$= 0,579 \times 10^7 \text{ m s}^{-1} = 5,79 \times 10^6 \text{ m s}^{-1} \quad (1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2})$$

B) Η αβεβαιότητα στην ταχύτητα είναι 2%, δηλ., $45 \times 2/100 = 0,9 \text{ ms}^{-1}$.

Συνεπώς:

$$\Delta x = (6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}) / (4 \times 3,14 \times 40 \text{ g} \times 10^{-3} \text{ kg g}^{-1} \times (0,9 \text{ m s}^{-1})) = 1,46 \times 10^{-33} \text{ m}$$

Η τιμή αυτή είναι $\sim 10^{18}$ φορές μικρότερη από τη διάμετρο ενός τυπικού ατομικού πυρήνα. Δηλ., όπως αναμένεται για μεγάλα σώματα, η αρχή της αβεβαιότητας θέτει ασήμαντα όρια στην ακρίβεια των μετρήσεων.

3^η Άσκηση (1 μονάδα)

A) Μέσα σε αεροστεγώς σφραγισμένο κουτί περιέχεται ένα κράμα, το οποίο, όπως αναγράφεται στην ετικέτα του κουτιού, αποτελείται από ίσα μέρη μάζας δύο μετάλλων Α και Β. Και τα δύο μέταλλα ήταν ραδιενεργά, με χρόνους ημιζωής 12 και 18 y, αντίστοιχα. Όταν ανοίχθηκε το κουτί βρέθηκε ότι περιείχε 0,53 kg από το Α και 2,20 kg από το Β. Να υπολογισθεί η ηλικία του κράματος.

B) Ένα φύλλο χρυσού ακτινοβολείται με φως που έχει μήκος κύματος 248 nm. Για την απόσπαση ενός ηλεκτρονίου απαιτείται φως με ελάχιστη συχνότητα $\nu_1 = 1,17 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$. Ποια είναι η ταχύτητα των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων;

Απάντηση

A) Από το νόμο της ραδιενεργούς διάσπασης έχουμε για τα Α και Β αντίστοιχα:

$$N_A = N_A^0 \exp(-\lambda_A t) \quad (1)$$

$$N_B = N_B^0 \exp(-\lambda_B t) \quad (2)$$

Δεδομένου ότι $N_A^0 = N_B^0$, διαιρώντας τη (2) με την (1) προκύπτει ότι:

$$N_A / N_B = \exp[(\lambda_A - \lambda_B) t] \Leftrightarrow$$

$$t = 1 / [(\lambda_A - \lambda_B) \ln(N_B / N_A)] \Leftrightarrow$$

$$t = 1 / [(0,693/t_{1/2}^A - 0,693/t_{1/2}^B) \ln(2,2 / 0,53)] \Leftrightarrow$$

$$t = 73,93 \text{ y}$$

B) Η ενέργεια (E) που προσφέρει το φως δαπανάται αρχικά για να ελευθερωθεί το ηλεκτρόνιο (E_o), ενώ το πλεόνασμα μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια ($E_{\text{κιν}}$).

$$E = E_o + E_{\text{κιν}} \quad (1)$$

Η ενέργεια E που προσφέρουμε είναι
$$E = h \nu = \frac{h c}{\lambda} \quad (2)$$

Η E_o είναι
$$E_o = h \nu_1 \quad (3)$$

Η κινητική ενέργεια $E_{\text{κιν}}$ είναι
$$E_{\text{κιν}} = \frac{1}{2} m v^2 \quad (4)$$

Από τις σχέσεις (2) και (3) μπορούμε να υπολογίσουμε τις ενέργειες E και E_o :

$$E = h \nu = \frac{h c}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2,48 \times 10^{-7} \text{ m}} \Rightarrow E = 8,01 \times 10^{-19} \text{ J}$$

και

$$E_o = h \nu_1 \Rightarrow E_o = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 1,17 \times 10^{15} \text{ s}^{-1} \Rightarrow E_o = 7,75 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Με συνδυασμό των σχέσεων (1) και (4), μπορούμε, στη συνέχεια, να υπολογίσουμε την ταχύτητα v :

$$E = E_o + E_{\text{κιν}} \Rightarrow E_{\text{κιν}} = E - E_o \Rightarrow \frac{1}{2} m v^2 = E - E_o$$

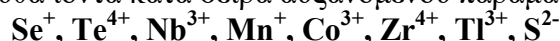
$$\text{Άρα: } v = \sqrt{\frac{2 \times (8,01 \times 10^{-19} \text{ J} - 7,75 \times 10^{-19} \text{ J})}{9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

και τελικά:

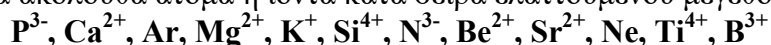
$$v = 2,39 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

4^η Άσκηση (1 μονάδα)

A) Κατατάξτε τα ακόλουθα ιόντα κατά σειρά αυξανόμενου παραμαγνητισμού:



B) Κατατάξτε τα ακόλουθα άτομα ή ιόντα κατά σειρά ελαττούμενου μεγέθους:



Απάντηση

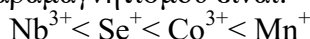
A)

Ο παραμαγνητισμός είναι ανάλογος του αριθμού των ασυζεύκτων ηλεκτρονίων των ιόντων του στοιχείου. Ο αριθμός των ασυζεύκτων ηλεκτρονίων προκύπτει από την αντίστοιχη ηλεκτρονική δομή:

Ιόν	Ηλεκτρονική δομή	αριθμός ασυζεύκτων ηλεκτρονίων
Se^+	$[\text{Ar}]4s^23d^{10}4p^3$	3
Te^{4+}	$[\text{Kr}]5s^24d^{10}$	0
Nb^{3+}	$[\text{Kr}]4d^2$	2
Mn^+	$[\text{Ar}]4s3d^5$	6
Co^{3+}	$[\text{Ar}]3d^6$	4
Zr^{4+}	$[\text{Kr}]$	0
Tl^{3+}	$[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}$	0
S^{2-}	$[\text{Ne}]3s^23p^6$	0

Τα ιόντα Te^{4+} , Tl^{3+} , Zr^{4+} και S^{2-} δεν έχουν ασύζευκτα ηλεκτρόνια και είναι **διαμαγνητικά**, ενώ τα υπόλοιπα είναι παραμαγνητικά.

Συνεπώς, η σειρά αυξανόμενου παραμαγνητισμού είναι:



B) Πρέπει να αναζητήσουμε ποια ιόντα ή άτομα είναι **ισοηλεκτρονιακά**:

$\text{Be}^{2+}, \text{B}^{3+}$	2 e ⁻ , δομή [He]
$\text{Mg}^{2+}, \text{Si}^{4+}, \text{Ne}, \text{N}^{3-}$	10 e ⁻ , δομή [Ne]
$\text{P}^{3-}, \text{Ca}^{+2}, \text{Ar}, \text{K}^+, \text{Ti}^{4+}$	18 e ⁻ , δομή [Ar]
Sr^{2+}	36 e ⁻ , δομή [Kr]

Για την κατάταξη τους κατά σειρά ελαττούμενου μεγέθους λαμβάνουμε υπόψη τις εξής παρατηρήσεις :

1. Σε ισοηλεκτρονιακά άτομα ή ιόντα, το μέγεθος εξαρτάται μόνο από το πυρηνικό φορτίο. Μεγαλύτερο πυρηνικό φορτίο ασκεί ισχυρότερη έλξη στα ηλεκτρόνια σθένους και συνεπώς το άτομο ή ιόν έχει μικρότερο μέγεθος.

Άρα $\text{B}^{3+} < \text{Be}^{2+}$, $\text{Si}^{4+} < \text{Mg}^{2+} < \text{Ne} < \text{N}^{3-}$ και $\text{Ti}^{4+} < \text{Ca}^{2+} < \text{K}^+ < \text{Ar} < \text{P}^{3-}$

2. Άτομα ή ιόντα με μεγαλύτερο αριθμό ηλεκτρονικών στιβάδων έχουν μεγαλύτερο μέγεθος.

Συνεπώς ισχύει $\text{B}^{3+} < \text{Be}^{2+} < \text{Si}^{4+} < \text{Mg}^{2+} < \text{Ne} < \text{N}^{3-} < \text{Ti}^{4+} < \text{Ca}^{2+} < \text{K}^+ < \text{Ar} < \text{P}^{3-} < \text{Sr}^{2+}$

5^η Άσκηση (1 μονάδα)

Πόσα ηλεκτρόνια στη θεμελιώδη κατάσταση του ${}_{39}\text{Y}$ έχουν μαγνητικό κβαντικό αριθμό $m_l = -1$ και $m_l = +2$; Πόσα ηλεκτρόνια έχουν $l=1$ και $l=2$;

Απάντηση



5s	4d			
II	I			

Συνεπώς για το ${}_{39}\text{Y}$ ισχύει ο πίνακας:

n	l	m_l	αριθμός e^-
1	0	0	2 (πλήρης στοιβάδα)
2	0	0	2 (πλήρης στοιβάδα)
2	1	+1,0,-1	6 (πλήρης στοιβάδα)
3	0	0	2 (πλήρης στοιβάδα)
3	1	+1,0,-1	6 (πλήρης στοιβάδα)
3	2	+2,+1,0,-1,-2	10 (πλήρης στοιβάδα)
4	0	0	2 (πλήρης στοιβάδα)
4	1	+1,0,-1	6 (πλήρης στοιβάδα)
4	2	+2,+1,0,-1,-2	1 (μη πλήρης στοιβάδα)
5	0	0	2 (πλήρης στοιβάδα)

Παρατηρούμε ότι συνολικά έχουμε 4 τροχιακά με $m_l = -1$, και σε κάθε τροχιακό τοποθετούνται 2 ηλεκτρόνια, συνεπώς θα υπάρχουν 8 ηλεκτρόνια του ${}_{39}\text{Y}$ χαρακτηριζόμενα από $m_l = -1$.

Επίσης συνολικά έχουμε 2 τροχιακά με $m_l = +2$, στα οποία υπάρχουν συνολικά 3 ηλεκτρόνια.

Εξάλλου, υπάρχουν 3 υποστοιβάδες που χαρακτηρίζονται από $l=1$ (2p, 3p και 4p). Καθεμιά απ' αυτές αποτελείται από $2l + 1 = 3$ τροχιακά και κάθε τροχιακό δέχεται 2 ηλεκτρόνια, και συνεπώς περιέχουν $3 \times 3 \times 2 = 18$ ηλεκτρόνια του ${}_{39}\text{Y}$.

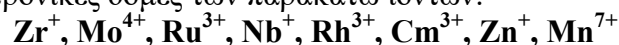
Τέλος, υπάρχουν 2 υποστοιβάδες που χαρακτηρίζονται από $l=2$ (3d και 4d). Καθεμιά απ' αυτές αποτελείται από $2l + 1 = 5$ τροχιακά και κάθε τροχιακό δέχεται 2 ηλεκτρόνια. Όμως ενώ η υποστοιβάδα 3d είναι πλήρης η 4d περιέχει μόνο 1 ηλεκτρόνιο. Συνεπώς, υπάρχουν $10 + 1 = 11$ ηλεκτρόνια του ${}_{39}\text{Y}$ που έχουν $l=2$.

Τα συμπεράσματά μας ανακεφαλαιώνονται στον ακόλουθο πίνακα:

	$m_l = -1$	$m_l = +2$	$l = 1$	$l = 2$
αριθμός e^-	8	3	18	11

6^η Άσκηση (1 μονάδα)

i) Να δοθούν οι ηλεκτρονικές δομές των παρακάτω ιόντων:



ii) Να σχεδιαστούν τα διαγράμματα τροχιακών των ηλεκτρονίων σθένους που αντιστοιχούν στον κβαντικό αριθμό m_l .

iii) Να υπολογιστεί το ολικό spin και τη μαγνητική ροπή μ σε μαγνητόνες του Bohr για κάθε ένα από τα παραπάνω ιόντα.

Δίνεται $\mu = \sqrt{n(n+2)}$, όπου n είναι ο αριθμός των ασύζευκτων ηλεκτρονίων.

Απάντηση

Ιόν	Ηλεκτρονική δομή	Διάγραμμα τροχιακών	Ασύζευκτα ηλεκτρόνια	ολικό spin	$\mu(\text{MB})$
Zr^+	$[\text{Kr}]5s^1 4d^2$	$\begin{array}{ccccccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow & _ & _ & _ & _ \\ \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} \\ 5s & & & 4d & & & \end{array}$	3	+3/2	3,87
Mo^{4+}	$[\text{Kr}]4d^2$	$\begin{array}{ccccccc} \uparrow & \uparrow & _ & _ & _ & _ & _ \\ \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} \\ & & 4d & & & & \end{array}$	2	+1	2,83
Ru^{3+}	$[\text{Kr}]4d^5$	$\begin{array}{ccccccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & _ & _ \\ \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} \\ & & 4d & & & & \end{array}$	5	+5/2	5,92
Nb^+	$[\text{Kr}]4d^4$	$\begin{array}{ccccccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & _ & _ & _ \\ \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} \\ & & 4d & & & & \end{array}$	4	+2	4,90
Rh^{3+}	$[\text{Kr}]4d^6$	$\begin{array}{ccccccc} \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & _ & _ \\ \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} \\ & & 4d & & & & \end{array}$	4	+2	4,90
Cm^{3+}	$[\text{Rn}]5f^7$	$\begin{array}{ccccccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} \\ & & 5f & & & & \end{array}$	7	+7/2	7,94
Zn^+	$[\text{Ar}]4s^1 3d^{10}$	$\begin{array}{ccccccc} \uparrow & _ & _ & _ & _ & _ & _ \\ \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} & \underline{\hspace{1cm}} \\ & & 4s & & & & \end{array}$	1	+1/2	1,73
Mn^{7+}	$[\text{Ar}] = [\text{He}] 3s^2 3p^6$	Δομή ευγενούς αερίου, δεν έχει ηλεκτρόνια σθένους.	0	0	0

7^η Άσκηση (1 μονάδα)

Κατατάξτε τις παρακάτω ομάδες στοιχείων κατά αυξανόμενη ιοντική ακτίνα και ενέργεια πρώτου ιοντισμού: i) K, Ca, Sr ii) B, C, Sn
Εξηγήστε σύντομα τις επιλογές σας με βάση τον Περιοδικό Πίνακα.

Απάντηση

Όσο αφορά τις ιοντικές ακτίνες αυτές αυξάνουν από πάνω προς τα κάτω σε μια ομάδα και από δεξιά προς τα αριστερά στην ίδια περίοδο του Π.Π.

Συνεπώς, μεταξύ των Ca και Sr τη μεγαλύτερη ιοντική ακτίνα θα έχει το Sr που ανήκει στην 5^η περίοδο και μεταξύ των K και Ca που ανήκουν στην ίδια περίοδο μεγαλύτερο είναι το K που έχει μικρότερο ατομικό αριθμό και συνεπώς τα ηλεκτρόνια σθένους του δέχονται ασθενέστερη έλξη σε σχέση με το Ca.

Άρα: Ca < Sr και Ca < K. Περαιτέρω σύγκριση μεταξύ των αρκετά κοντινών K και Sr δεν είναι εφικτή δεδομένου ότι δε μπορεί να εφαρμοσθεί ο κανόνας της διαγωνίου (αυτό θα ήταν εφικτό αν π.χ. είχαμε τα K, Ca και Rb). Πειραματικά ισχύει ότι: **Ca < Sr < K.**

Με ανάλογο σκεπτικό τα στοιχεία της ομάδας (ii) κατατάσσονται με την ακόλουθη σειρά: **C < B < Sn.** Αυτή η σύγκριση είναι εφικτή γιατί τα B και C ανήκουν στη 2^η περίοδο ενώ ο Sn στην 5^η περίοδο του Π.Π.

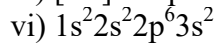
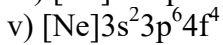
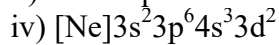
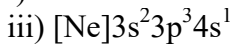
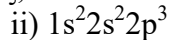
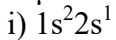
Όσο αφορά την ενέργεια πρώτου ιοντισμού I_1 , στην ίδια περίοδο το στοιχείο με τη μεγαλύτερη τιμή της ενέργειας πρώτου ιοντισμού I_1 αναμένεται να είναι αυτό που έχει ηλεκτρονική δομή ευγενούς αερίου (Ar), δηλ. αυξάνει από αριστερά προς τα δεξιά. Μέσα στην ίδια ομάδα του Π.Π. η ενέργεια πρώτου ιοντισμού αυξάνει από κάτω προς τα πάνω λόγω του ευκολότερου ιοντισμού από άτομα μεγαλύτερου μεγέθους.

Άρα, για την ομάδα (i), μεταξύ των Ca και Sr τη μικρότερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού αναμένεται να έχει το Sr, ενώ μεταξύ των K και Ca μεγαλύτερη ενέργεια πρώτου ιοντισμού αναμένεται να έχει το Ca, που βρίσκεται δεξιότερα.

Συνεπώς: Sr < Ca και K < Ca. Αντίστοιχα περαιτέρω σύγκριση μεταξύ των αρκετά κοντινών K και Sr δεν είναι εφικτή. Ανάλογα τα στοιχεία της ομάδας (ii) κατατάσσονται με την ακόλουθη σειρά: **Sn < B < C.**

8^η Άσκηση (1 μονάδα)

A) Ποιες από τις παρακάτω ηλεκτρονικές διαμορφώσεις αντιστοιχούν σε άτομα στη θεμελιώδη κατάσταση; Ποιες είναι αδύνατες;

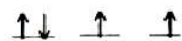
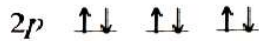


B) Ποιες από τις ακόλουθες ηλεκτρονικές διατάξεις αντίκεινται στον κανόνα του Hund ή στην Αρχή του Pauli;

(α)

(β)

(γ)



Απάντηση

A)

i) Αντιστοιχεί στο **Li** στη θεμελιώδη κατάσταση.

ii) Αντιστοιχεί στο **N** στη θεμελιώδη κατάσταση.

iii) Αντιστοιχεί στο **S** σε διεγερμένη κατάσταση.

iv) **Αδύνατη** διότι έχει στο τροχιακό 4s τρία ηλεκτρόνια.

v) Αντιστοιχεί στο **Ti**: $[\text{Ar}]3d^2 4s^2$ σε διεγερμένη κατάσταση.

vi) Αντιστοιχεί στο **Mg** στη θεμελιώδη κατάσταση.

B) Στη διάταξη (α) τα δυο 2s ηλεκτρόνια έχουν και τους 4 κβαντικούς αριθμούς ίδιους, πράγμα που απαγορεύεται από την Αρχή του Pauli.

Η διάταξη (β) δίνει για τέσσερα 2p ηλεκτρόνια συνολικό spin $S = 0$ (τα δυο αντιπαράλληλα spin αλληλοεξουδετερώνονται), σε αντίθεση προς τη διάταξη (γ) που δίνει συνολικό spin $S = 4(1/2) = 2$. Άρα η διάταξη (β) αντίκειται στον κανόνα του Hund (ή τής μέγιστης πολλαπλότητας του spin).

Η διάταξη (γ) είναι σωστή.

9^η Άσκηση (2 μονάδες)

Αναπτύξτε μια υπολογιστική μεθοδολογία, (π.χ. βασιζόμενοι στο EXCEL) για την επίλυση της ακόλουθης άσκησης.

Η σταθερά Rydberg για το κατιόν Li^{2+} είναι 109729 cm^{-1} . (i) Ποιο είναι το μεγαλύτερο μήκος κύματος απορρόφησης του Li^{2+} σε συνήθεις θερμοκρασίες; (ii) Ποιο είναι το βραχύτερο μήκος κύματος στο γραμμικό φάσμα εκπομπής του Li^{2+} στην ορατή περιοχή (400 ως 750 nm); (iii) Ποια είναι η τροχιακή ακτίνα της θεμελιώδους στάθμης του Li^{2+} ; (iv) Ποιά είναι η ενέργεια ιοντισμού του Li^{2+} ;

Υποδείξεις: Βασιστείτε στο γραμμικό φάσμα του υδρογόνου. Για τον υπολογισμό στην περίπτωση (ii) να ακολουθήσετε τη μέθοδο της δοκιμής και του σφάλματος.

Απάντηση

(i)

$$\hat{\nu} = RZ^2 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = (109729 \text{ cm}^{-1}) \times 3^2 \times \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = 740670,75 \text{ cm}^{-1}$$

$$\Leftrightarrow \lambda = \frac{10^7 \text{ nm cm}^{-1}}{740670,75 \text{ cm}^{-1}} \times = 13,5 \text{ nm}$$

(ii) Κατασκευάζουμε ένα στοιχειώδες πρόγραμμα, του οποίου μία εικόνα φαίνεται παρακάτω. Είναι κατασκευασμένο σε ψευδογλώσσα, με το πρόγραμμα «Γλωσσομάθεια» και το οποίο διατίθεται δωρεάν στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://spinet.gr/glossomatheia/>. Τα μήκη κύματος των αποδιεγέρσεων φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

```

ΓλωσσαΜάθεια
Πρόγραμμα  Επεξεργασία  Επιλογές  Βοήθεια
Εκτέλεση
Εκτέλεση  Πρόγραμμα
1  ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Μήκη_κύματος_στο_Λίθιο
2  ΣΤΑΘΕΡΕΣ
3  R=10972900
4  Z=3
5  ΜΕΤΑΒΑΝΤΕΣ
6  ΑΚΕΡΑΤΕΣ: m,n
7  ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ: λ
8  ΑΡΧΗ
9  ΓΙΑ m ΑΠΟ 1 ΜΕΧΡΙ 7
10 ΓΙΑ n ΑΠΟ (m+1) ΜΕΧΡΙ 8
11 λ <-- (R*Z^2*((1/m^2)-(1/n^2)))^(-1) *10^9
12 ΓΡΑΨΕ 'm=',m,' n=',n,' λ=',λ,'nm'
13 ΤΕΛΟΣ_ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ
14 ΤΕΛΟΣ_ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ
15 ΤΕΛΟΣ_ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

```

```

m= 1 n= 2 λ= 13.501275701788 nm
m= 1 n= 3 λ= 11.391701373384 nm
m= 1 n= 4 λ= 10.801020561430 nm
m= 1 n= 5 λ= 10.547871642022 nm
m= 1 n= 6 λ= 10.415269827094 nm
m= 1 n= 7 λ= 10.336914209181 nm
m= 1 n= 8 λ= 10.286686248981 nm
m= 2 n= 3 λ= 72.906888709655 nm
m= 2 n= 4 λ= 54.005102807152 nm
m= 2 n= 5 λ= 48.218041792100 nm
m= 2 n= 6 λ= 45.566805493534 nm
m= 2 n= 7 λ= 44.104167292507 nm
m= 2 n= 8 λ= 43.204082245721 nm
m= 3 n= 4 λ= 208.305396541870 nm
m= 3 n= 5 λ= 142.396267167294 nm
m= 3 n= 6 λ= 121.511481316091 nm
m= 3 n= 7 λ= 111.638673459159 nm
m= 3 n= 8 λ= 106.046383694043 nm
m= 4 n= 5 λ= 450.042523392929 nm
m= 4 n= 6 λ= 291.627555158618 nm
m= 4 n= 7 λ= 240.568185231857 nm
m= 4 n= 8 λ= 216.020411228606 nm
m= 5 n= 6 λ= 828.487372609710 nm
m= 5 n= 7 λ= 516.845710459060 nm
m= 5 n= 8 λ= 415.423867747319 nm
m= 6 n= 7 λ= 1374.014442574250 nm
m= 6 n= 8 λ= 833.221586167480 nm
m= 7 n= 8 λ= 2117.000030040350 nm

```

Αρχική τροχιά n	Τελική τροχιά m	λ (nm)
2	1	13.501
3	1	11.392
4	1	10.801
5	1	10.547
6	1	10.415
7	1	10.337
8	1	10.287
3	2	72.907
4	2	54.005
5	2	48.219
6	2	45.567
7	2	44.104
8	2	43.204
4	3	208.305
5	3	142.396
6	3	121.511
7	3	111.639
8	3	106.046
5	4	450.042
6	4	291.627
7	4	240.569
8	4	216.020
6	5	828.487
7	5	516.846
8	5	415.424
7	6	1374.014
8	6	833.221
8	7	2117.000

Όπως φαίνεται από τα επισυναπτόμενα αποτελέσματα, το μικρότερο μήκος κύματος στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος επιτυγχάνεται κατά την αποδιέγερση από την τροχιά $n=8$ στην τροχιά $n=5$ και ισούται με $\lambda_{\min(\text{ορατό})}=415,424\text{nm}$. Οι αποδιεγέρσεις στη $n=2$ και στη $n=3$ δίνουν φωτόνια που ανήκουν στο υπεριώδες τμήμα του φάσματος, ενώ οι αποδιεγέρσεις στη $n=6$ και στη $n=7$ δίνουν φωτόνια που ανήκουν στο υπέρυθρο.

$$(iii) r = \frac{n^2}{Z} a_0 = \frac{1}{3} \times 0,529 \text{ \AA} = 0,176 \text{ \AA}$$

(iv)

$$\hat{\nu} = RZ^2 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = (109729 \text{ cm}^{-1}) \times 3^2 = 987561 \text{ cm}^{-1} \Leftrightarrow \nu = \frac{10^7 \text{ nm cm}^{-1}}{987561 \text{ cm}^{-1}} \times = 10,13 \text{ nm}$$

Συνεπώς η ενέργεια ιοντισμού θα είναι: $I.E. = \frac{1239,8 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{10,13 \text{ nm}} = 122,4 \text{ eV}$