



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Χημεία

Ενότητα 3: Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων

Τόλης Ευάγγελος
e-mail: etolis@uowm.gr

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Κεφάλαιο 3^ο

3

Ηλεκτρονιακή
διαμόρφωση των ατόμων



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (1/20)

Ηλεκτρονική Διαμόρφωση πολυηλεκτονικών ατόμων:

- Με τον όρο ηλεκτρονική διαμόρφωση εννοούμε τον τρόπο διεύθυνσης των ηλεκτρονίων στα διάφορα τροχιακά.
- Αυτή η διεύθυνση πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε το άτομο να περικλείει το μικρότερο δυνατόν ποσό ενέργειας και επομένως να βρίσκεται στην σταθερότερη κατάσταση (**ευσταθείς ενεργειακές καταστάσεις**).



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (2/20)

Ηλεκτρονική Διαμόρφωση πολυηλεκτονικών ατόμων:

- Η σταθερότητα αυτή μπορεί να επιτευχθεί όταν τα ηλεκτρόνια τοποθετηθούν στα τροχιακά με την χαμηλότερη ενέργεια. Η κατάσταση αυτή που περικλείει το μικρότερο ποσό ενέργειας ονομάζεται **θεμελιώδης κατάσταση**.
- Εάν το άτομο αυτό που βρίσκεται στην θεμελιώδη κατάσταση, προσλάβει ένα ποσό ενέργειας ικανό να προκαλέσει την μεταπήδηση του ηλεκτρονίου σε στάθμη υψηλότερης ενέργειας τότε η κατάσταση αυτή που προκύπτει ονομάζεται **διεγερμένη κατάσταση**.



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (3/20)

Βασικές Αρχές Ηλεκτρονικής Διαμόρφωσης:

- Οι κανόνες που πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη κατά την ταξινόμηση των ηλεκτρονίων στα διάφορα τροχιακά είναι οι ακόλουθοι :
 1. **Αρχή της ελαχίστης ενέργειας.**
 2. **Απαγορευτική αρχή του Pauli.**
 3. **Κανόνας του Hund.**



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (4/20)

Αρχή της ελαχίστης ενέργειας:

Σύμφωνα με την αρχή της ελαχίστης ενέργειας:

“Τα ηλεκτρόνια καταλαμβάνουν τα τροχιακά με το χαμηλότερο ποσό ενέργειας προκειμένου το άτομο να αποκτήσει την μέγιστη σταθερότητα στην θεμελιώδη κατάσταση”.



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (5/20)

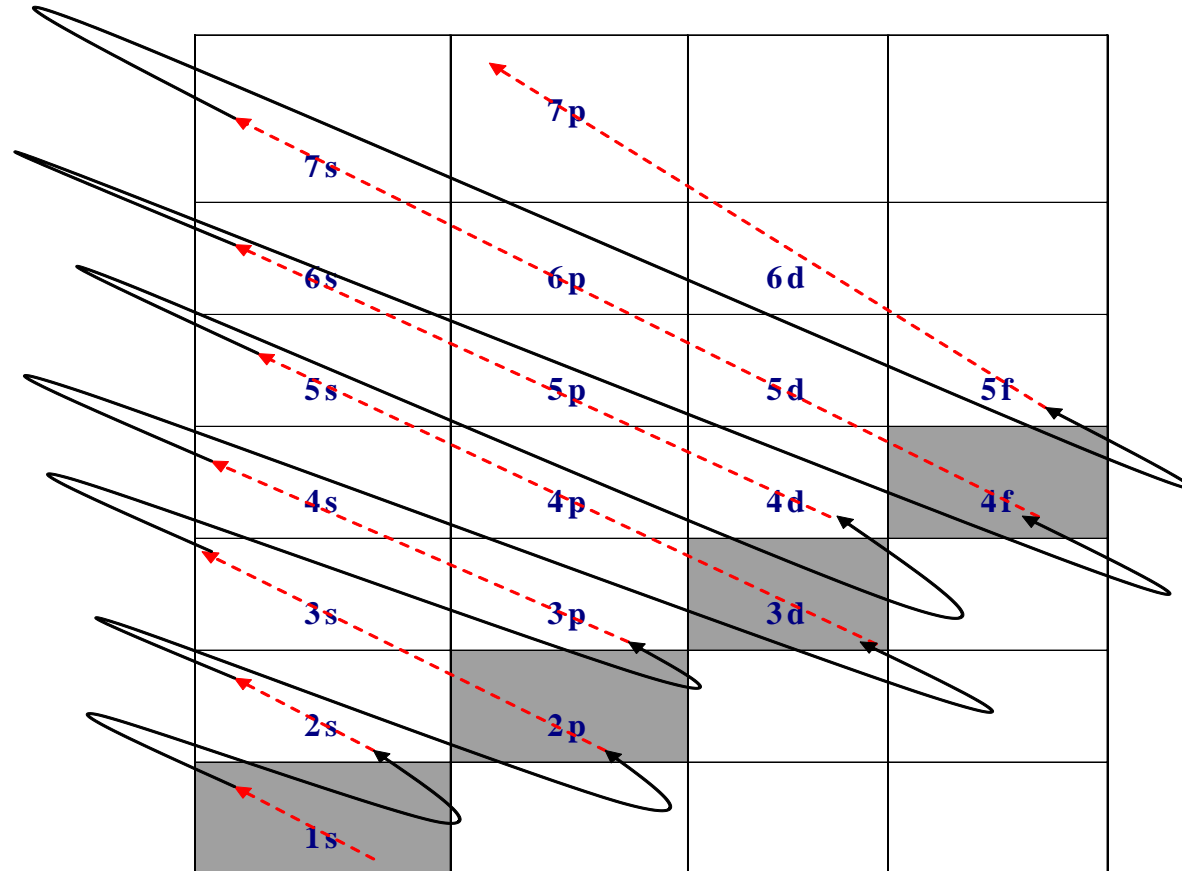
Γενικά, στα πολυηλεκτρονιακά άτομα ισχύει σχετικά με την **ενέργεια των ατομικών τροχιακών:**

1. Η ενέργεια των τροχιακών καθορίζεται από το άθροισμα $n+l$. Όσο μεγαλύτερο είναι το άθροισμα τόσο μεγαλύτερη και η ενέργεια του τροχιακού. Έτσι το τροχιακό $3s$ έχει μεγαλύτερη ενέργεια από το $2p$.
2. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού, τόσο εντονότερη γίνεται η εξάρτηση της ενέργειας των τροχιακών από τον αζιμουθιακό αριθμό, πράγμα που οδηγεί σε ανακατάταξη των ενεργειακών σταθμών.
3. Όσο αυξάνει το μέγεθος του ατόμου, τόσο ελαττώνεται η ενεργειακή απόσταση ανάμεσα στα τροχιακά (πυκνές ενεργειακές στάθμες).



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (6/20)

Εμπειρικά διαγράμματα ενέργειας



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (7/20)

Απαγορευτική αρχή Pauli:

“Δεν είναι δυνατόν να υπάρχουν στο ίδιο άτομο δυο ηλεκτρόνια που να έχουν και τους τέσσερις κβαντικούς αριθμούς ίδιους” .

- Απόρροια της αρχής αυτής αποτελεί το γεγονός ένα τροχιακό δεν μπορεί να χωρέσει πάνω από δυο ηλεκτρόνια.



Wolfgang Ernst Pauli (1900 - 1958)

Φυσικός Αυστριακής καταγωγής, γνωστός από τη διατύπωση της φερώνυμης απαγορευτικής αρχής, για την οποία και τιμήθηκε με το Νόμπελ Φυσικής το 1945.

Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (8/20)

Πλήρωση στιβάδων και υποστιβάδων με ηλεκτρόνια:

Στιβάδα	n	l	υποστιβάδα	Αριθμός τροχιακών (2l+1)	Αριθμός Ηλεκτρονίων	
					Σε υποστιβάδα 2(2l+1)	Σε στιβάδα 2n ²
K	1	0	1s	1	2	2
	2	0	2s	1	2	
L	2	1	2p	3	6	8
	3	0	3s	1	2	
M	3	1	3p	3	6	18
	3	2	3d	5	10	
	4	0	4s	1	2	
N	4	1	4p	3	6	32
	4	2	4d	5	10	
	4	3	4f	7	14	
	4	0	4s	1	2	



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (9/20)

Κανόνας του Hund:

“κατά την τοποθέτηση ηλεκτρονίων σε τροχιακά ίδιας ενέργειας η προτιμώμενη διάταξη είναι αυτή που δίνει το μέγιστο συνολικό spin”.

Δηλαδή όταν τοποθετούνται ηλεκτρόνια σε τροχιακά μιας υποστιβάδας, πρώτα τοποθετείται ένα ηλεκτρόνιο σε κάθε τροχιακό και μετά, εφόσον ο αριθμός των ηλεκτρονίων είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των τροχιακών, σχηματίζουμε ζεύγη με αντιπαράλληλο spin.



Friedrich Hund (1896 - 1997)

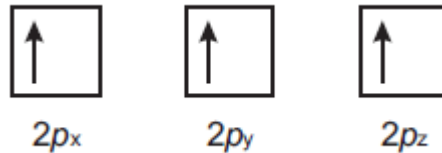
Γερμανός Φυσικός, γνωστός για τους ομώνυμους κανόνες του σχετικά με την ατομική δόμηση.



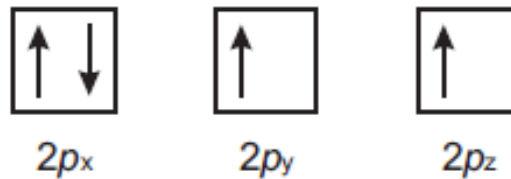
Ηλεκτρονική

διαμόρφωση των ατόμων (10/20)

- Έτσι εάν θέλουμε να κατανεύσουμε 3 ηλεκτρόνια στην υποστιβάδα $2p$, τότε αυτά θα τοποθετηθούν.



- Εάν θέλουμε να κατανεύσουμε 4 ηλεκτρόνια στην υποστιβάδα $2p$, τότε αναγκαστικά το τέταρτο ηλεκτρόνιο θα σχηματίσει ζεύγος ηλεκτρονίων.



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (11/20)

Ηλεκτρονική Διαμόρφωση των Στοιχείων

Στοιχείο	Z	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f
H	1	1									
He	2	2									
Li	3	2	1								
Be	4	2	2								
B	5	2	2	1							
C	6	2	2	2							
N	7	2	2	3							
O	8	2	2	4							
F	9	2	2	5							
Ne	10	2	2	6							
Na	11	2	2	6	1						
Mg	12	2	2	6	2						
Al	13	2	2	6	2	1					
Si	14	2	2	6	2	2					
P	15	2	2	6	2	3					
S	16	2	2	6	2	4					
Cl	17	2	2	6	2	5					
Ar	18	2	2	6	2	6					
K	19	2	2	6	2	6		1			
Ca	20	2	2	6	2	6		2			
Sc	21	2	2	6	2	6	1	2			



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (12/20)

Ευσταθείς Ηλεκτρονιακές Διαμορφώσεις:

- Ακολουθώντας τους κανόνες δόμησης των πολυηλεκτρονιακών ατόμων που αναπτύχθηκαν παραπάνω, θα διαπιστώσουμε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρούνται **αποκλίσεις** στην ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων, όπως π.χ. στο **Χρώμιο** ($Z=24$).
- Με βάση την ενεργειακή σειρά κατάληψης των τροχιακών η ηλεκτρονική διαμόρφωση του στοιχείου **θα έπρεπε να είναι** $[\text{Ar}]3d^44s^2$.
- Στην **πραγματικότητα** όμως, όπως προκύπτει από φασματοσκοπικά κυρίως δεδομένα, η ηλεκτρονική διαμόρφωση του Χρωμίου είναι $[\text{Ar}]3d^54s^1$.



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (13/20)

- Αυτό μπορεί να εξηγηθεί με βάση την σταθερότητα που προκύπτει από την ύπαρξη ενός μόνο ηλεκτρονίου σε κάθε τροχιακό της υποστιβάδας d καθώς και ενός ηλεκτρονίου στο τροχιακό $4s$.
- Η **συμμετρική κατανομή του ηλεκτρονικού νέφους γύρω από τον πυρήνα** είναι αυτή που προσδίδει **σταθερότητα** (ευστάθεια) στην συγκεκριμένη κατάσταση.



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (14/20)

Διαμόρφωση ευγενών αερίων ($ns^2 np^6$):

- Χαρακτηριστικό των στοιχείων με ηλεκτρονιακή διαμόρφωση ευγενών αερίων είναι τα συμπληρωμένα **s** και **p** τροχιακά της εξωτερικής στιβάδας με 2 και 6 ηλεκτρόνια αντίστοιχα.
- Τα στοιχεία αυτά έχουν συμπληρωμένη την εξωτερική τους στιβάδα με **8 ηλεκτρόνια**. Έτσι τα ευγενή αέρια (Ne, Ar, Kr, Xe, Rn) **έχουν όλα** συμπληρωμένη την εξωτερική τους στιβάδα με 8 ηλεκτρόνια.



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (15/20)

Με βάση την ευστάθεια που παρατηρείται λόγω διαμόρφωσης ευγενούς αερίου μπορεί να εξηγηθεί η μεγάλη τάση που εμφανίζουν ορισμένα στοιχεία να προσλάβουν ή να αποβάλουν e^- ώστε να αποκτήσουν δομή ευγενούς αερίου.

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



- Τα αλογόνα (F, Cl, Br, I) τείνουν να **προσλάβουν** 1 e^- . Και στις δυο παραπάνω περιπτώσεις η αποβολή ή πρόσληψη e^- οδηγεί σε διαμόρφωση ευγενούς αερίου:



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (16/20)

Διαμόρφωση με συμπληρωμένα d τροχιακά, $(n-1)d^{10}$:

- Η διαμόρφωση αυτή αναφέρεται στα στοιχεία που **αποβάλλουν** e⁻ από τα s και p τροχιακά της εξωτερικής στιβάδας προκειμένου να αποκτήσουν την **ευσταθή διαμόρφωση $(n-1)d^{10}$** . Την διαμόρφωση αυτή αποκτούν τα στοιχεία Zn, Sn κ.α. μετατρέπόμενα στα αντίστοιχα ιόντα τους :



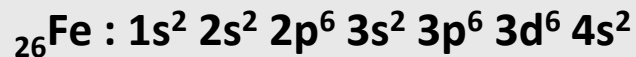
- Με βάση τις παραπάνω διαμορφώσεις μπορεί να εξηγηθεί γιατί ο Ψευδάργυρος (Zn) εμφανίζεται ως δισθενές ιόν.



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (17/20)

**Διαμόρφωση με ημισυμπληρωμένα τα p ή d τροχιακά $[(n-1)d^5$
ή $(n-1)p^3]$:**

- Η διαμόρφωση αυτή αναφέρεται στα στοιχεία τα οποία έχουν συμπληρωμένα τα τρία p τροχιακά με τρία e^- ή τα πέντε d τροχιακά με πέντε e^- . Στην περίπτωση αυτή δηλαδή όλα τα τροχιακά συμπληρώνονται μόνο με ένα e^- (απουσία ζεύγους ηλεκτρονίων).



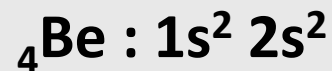
- Με βάση τις παραπάνω διαμορφώσεις μπορεί να εξηγηθεί γιατί ο τρισθενής σίδηρος (Fe^{+3}) είναι σταθερότερος από τον δισθενή.



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (18/20)

Διαμόρφωση με συμπληρωμένα τα s τροχιακά [ns²]:

- Η ευσταθής αυτή διαμόρφωση αναφέρεται σε στοιχεία ή ιόντα που στην εξωτερική τους στιβάδα έχουν διαμόρφωση ns², ενώ τα υπόλοιπα n τροχιακά δεν έχουν ηλεκτρόνια. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα στοιχεία Ήλιο (He) και Βηρύλλιο (Be) με ηλεκτρονιακές διαμορφώσεις:



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (19/20)

- Συμπερασματικά, η ηλεκτρονική διαμόρφωση ενός στοιχείου καθορίζεται ως επί το πλείστον με βάση τους **γενικούς κανόνες δόμησης** που αναπτύχθηκαν παραπάνω.
- Όμως σε όλες τις περιπτώσεις πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σταθερότητα που προκύπτει με βάση τις παραπάνω ευσταθείς διαμορφώσεις. Αποδεκτή ηλεκτρονική διαμόρφωση πρέπει να θεωρείτε αυτή που οδηγεί σε μεγάλη σταθερότητα (ευστάθεια) **έστω και εάν αντιβαίνει εν μέρει με τους κανόνες δόμησης.**



Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων (20/20)

3

Ηλεκτρονική διαμόρφωση των ατόμων

Μετά από προσεκτική μελέτη αυτού του κεφαλαίου, θα πρέπει να γνωρίζετε:

- ✓ Τι είναι η ηλεκτρονική διαμόρφωση
- ✓ Ποιες είναι οι βασικές αρχές ηλεκτρονικής διαμόρφωσης
- ✓ Πως πραγματοποιείται η κατανομή των ηλεκτρονίων στα τροχιακά και στις υποστιβάδες
- ✓ Ποιες είναι οι ευσταθείς ηλεκτρονικές διαμορφώσεις



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Μαρνέλλος Γεώργιος. «Χημεία». Έκδοση: 1.0. Κοζάνη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.uowm.gr/courses/MECH100/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Όχι Παράγωγα Έργα Μη Εμπορική Χρήση 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ως Μη Εμπορική ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

- Γενική Χημεία. Θεωρία & Εφαρμογές, Μ.Ι. Κονσολάκης, Εκδόσεις ΑΕΝΑΟΣ, 2008



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

