

3. Περιοδικότητα στις ατομικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων

ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να γνωρίσουμε ορισμένες βασικές ιδιότητες των ατόμων και ιόντων, όπως το μέγεθος, την ενέργεια ιοντισμού, την ηλεκτρονική συγγένεια και τα μαγνητικά χαρακτηριστικά τους, να κατανοήσουμε πώς αυτές οι ιδιότητες μεταβάλλονται μέσα στον Περιοδικό Πίνακα και να χρησιμοποιήσουμε τις περιοδικές τάσεις τους για την εξήγηση μερικών φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των στοιχείων.

3. Περιοδικότητα στις ατομικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε να:

- ❖ Περιγράφετε τη «μακρά» μορφή του Περιοδικού Πίνακα.
- ❖ Προβλέπετε με ποια γνωστά στοιχεία θα έχει παρόμοιες ιδιότητες ένα άγνωστο, προς το παρόν, στοιχείο.
- ❖ Να ονομάζετε κατά IUPAC τα υπερουράνια στοιχεία.
- ❖ Γράφετε τις ηλεκτρονικές δομές των ιόντων των μετάλλων και αμετάλλων.
- ❖ Βρίσκετε τα σταθερά θετικά και αρνητικά ιόντα των στοιχείων.
- ❖ Αναγνωρίζετε ισοηλεκτρονικά χημικά είδη.
- ❖ Εξηγείτε γιατί γειτονικά στοιχεί μέσα σε μια δεδομένη σειρά στοιχείων μεταπτώσεως παρουσιάζουν μερική ομοιότητα στις ιδιότητές τους.

3. Περιοδικότητα στις ατομικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων

- ❖ Εξηγείτε γιατί γειτονικά στοιχεία της ίδιας περιόδου που ανήκουν στον τομέα f παρουσιάζουν εκπληκτική ομοιότητα μεταξύ τους στη χημική συμπεριφορά.
- ❖ Ορίζετε τις ατομικές ιδιότητες: ατομική μάζα, ομοιοπολική ακτίνα, μεταλλική ακτίνα, ενέργεια ιοντισμού και ηλεκτρονική συγγένεια, καθώς και την ιοντική ακτίνα.
- ❖ Γνωρίζετε και να χρησιμοποιείτε σωστά τις μονάδες μέτρησης των παραπάνω ιδιοτήτων.
- ❖ Αναφέρετε πώς αυτές οι ιδιότητες μεταβάλλονται μέσα σε μια ομάδα και σε μια περίοδο του Περιοδικού Πίνακα, καθώς και τις ανωμαλίες που παρατηρούνται.
- ❖ Ερμηνεύετε τις περιοδικές τάσεις των ατομικών ιδιοτήτων και της ιοντικής ακτίνας με βάση την ηλεκτρονική δομή και το δραστικό πυρηνικό φορτίο.
- ❖ Υπολογίζετε τα μήκη δεσμού από τις ατομικές ακτίνες.

3. Περιοδικότητα στις ατομικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων

- ❖ Περιγράφετε τις βασικές αρχές της κρυσταλλογραφίας ακτίνων X που βασίζεται στο φαινόμενο της περίθλασης ακτίνων X από κρυστάλλους.
- ❖ Συγκρίνετε τα μεγέθη των κατιόντων και ανιόντων με το μέγεθος του μητρικού τους ατόμου.
- ❖ Δικαιολογείτε γιατί ορισμένα κατιόντα, όπως Na^{2+} , Mg^{3+} , Al^{4+} , δεν παράγονται στις συνήθεις χημικές διεργασίες.
- ❖ Διακρίνετε τα διαμαγνητικά από τα παραμαγνητικά άτομα ή ιόντα.
- ❖ Περιγράφετε μια πειραματική μέθοδο μέτρησης των μαγνητικών ιδιοτήτων των ουσιών.
- ❖ Υπολογίζετε τον αριθμό των ασύζευκτων ηλεκτρονίων των ατόμων και ιόντων.

3. Περιοδικότητα στις ατομικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων

- ❖ Εξηγείτε και να προβλέπετε ορισμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων και των ενώσεών τους, χρησιμοποιώντας τον Περιοδικό Πίνακα και τις περιοδικές τάσεις των ατομικών ιδιοτήτων.
- ❖ Δίνετε παραδείγματα δραστικών μετάλλων και αμετάλλων.
- ❖ Εξηγείτε γιατί το πρώτο μέλος της κάθε κύριας ομάδας του Π.Π. διαφέρει κάπως στη χημική συμπεριφορά από τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας.
- ❖ Προτείνετε μια αιτία για την ύπαρξη των **διαγώνιων σχέσεων**.
- ❖ Συγκρίνετε την αναγωγική ισχύ των μετάλλων των Ομάδων ΙΑ και ΙΙΑ χρησιμοποιώντας τις ενέργειες ιοντισμού τους.
- ❖ Συγκρίνετε την οξειδωτική ισχύ των αλογόνων και να ερμηνεύετε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής που περιλαμβάνουν αλογόνα, στηριζόμενοι στην περιοδική μεταβολή των ηλεκτρονικών συγγενειών τους.

3. Περιοδικότητα στις ατομικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων

Έννοιες κλειδιά

- ❖ Αλκάλια
- ❖ Αλκαλικές γαίες
- ❖ Αλογόνα
- ❖ Αναγωγική ισχύς
- ❖ Αριθμός ασύζευκτων ηλεκτρονίων
- ❖ Αρνητικό ιόν ή ανιόν
- ❖ Ατομική ακτίνα
- ❖ Διαγώνιες σχέσεις
- ❖ Διαμαγνητική ουσία
- ❖ Ενέργεια ιοντισμού
- ❖ Εξίσωση Bragg
- ❖ Ηλεκτρονική συγγένεια
- ❖ Θετικό ιόν ή κατιόν

3. Περιοδικότητα στις ατομικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων

Έννοιες κλειδιά

- ❖ Ιόντα αμετάλλων
- ❖ Ιόντα μετάλλων
- ❖ Ιόντα μετάλλων μεταπτώσεως
- ❖ Ιοντική ακτίνα
- ❖ Ισοηλεκτρονικά ιόντα
- ❖ Κρυσταλλογραφία ακτίνων X
- ❖ Μαγνητικές ιδιότητες
- ❖ «Μακρά» μορφή του Π.Π.
- ❖ Μεταλλικός χαρακτήρας
- ❖ Μήκος δεσμού
- ❖ Μη μεταλλικός χαρακτήρας

3. Περιοδικότητα στις ατομικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων

Έννοιες κλειδιά

- ❖ Ομοιοπολική ακτίνα
- ❖ Ονομασία στοιχείων με $Z > 111$
- ❖ Οξειδωτική ισχύς
- ❖ Παραμαγνητική ουσία
- ❖ Περίθλαση ακτίνων X
- ❖ Περιοδικές τάσεις
- ❖ Πυκνότητα φορτίου
- ❖ Συμβολισμοί στοιχείων με $Z > 111$
- ❖ Φυσικές ιδιότητες στοιχείων
- ❖ Χημικές ιδιότητες στοιχείων

3. Περιοδικότητα στις ατομικές, φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων

Ebbing: Κεφάλαια 7 – 8

- 3.1 Ο σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας
- 3.2 Τα μέταλλα, τα αμέταλλα και τα ιόντα τους
- 3.3 Τα μεγέθη των ατόμων και ιόντων
- 3.4 Ενέργεια ιοντισμού και ηλεκτρονική συγγένεια
- 3.5 Μαγνητικές ιδιότητες
- 3.6 Περιοδικότητα στις ιδιότητες των στοιχείων

Ο σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας

Στοιχεία κύριων ομάδων

Στοιχεία κύριων ομάδων

Περίοδος

1 1A																	18 8A
1 H 1,00794	2 2A											13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	2 He 4,00260
3 Li 6,941	4 Be 9,01218	Μέταλλα μεταπτώσεως										5 B 10,811	6 C 12,011	7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984	10 Ne 20,1797
11 Na 22,9898	12 Mg 24,3050	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8	9 8B	10	11 1B	12 2B	13 Al 26,9815	14 Si 28,0855	15 P 30,9738	16 S 32,066	17 Cl 35,4527	18 Ar 39,948
19 K 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,88	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9381	26 Fe 55,847	27 Co 58,9332	28 Ni 58,69	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 85,4678	42 Mo 95,94	43 Tc (98)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,906	46 Pd 106,42	47 Ag 107,868	48 Cd 112,411	49 In 114,818	50 Sn 118,710	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,904	54 Xe 131,29
55 Cs 132,905	56 Ba 137,327	57 *La 138,906	72 Hf 178,49	73 Ta 180,948	74 W 183,85	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226,025	89 Ac 227,028	104 Rf (261)	105 Ha (262)	106 Sg (263)	107 Ns (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 (269)	111 (272)	112 (272)						

Μέταλλο

Εσωτερικά μέταλλα μεταπτώσεως

Μεταλλοειδές

Αμέταλλο

Λανθανίδια

Ακτινίδια

58 Ce 140,115	59 Pr 140,908	60 Nd 144,24	61 Pm (145)	62 Sm 150,36	63 Eu 151,965	64 Gd 157,25	65 Tb 158,925	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
90 Th 232,038	91 Pa 231,036	92 U 238,029	93 Np 237,048	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

Περιοδικός Πίνακας: το ανίκητο όπλο του κάθε χημικού
Φωτοτύπησέ τον πολλές φορές και ξεκίνα να τον συμπληρώνεις με όσο περισσότερα στοιχεία μπορείς

Τα 48 έγχρωμα πεδία τα μαθαίνουμε υποχρεωτικά!

Light Green	Light Green																Light Green
Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green
Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green
Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green
Light Green	Light Green															Light Green	Light Green
Light Green	Light Green															Light Green	Light Green
Light Green	Light Green															Light Green	Light Green

[illegible]

Αναγραφή ηλεκτρονικών δομών με χρησιμοποίηση του περιοδικού πίνακα

The diagram illustrates the spatial distribution of atomic orbitals for principal quantum numbers $n = 1$ through $n = 7$. The orbitals are arranged in a grid-like structure with color-coded regions:

- Purple Region (s orbitals):** Contains the $1s$, $2s$, $3s$, $4s$, $5s$, $6s$, and $7s$ orbitals. The $1s$ orbital is a single sphere. The $2s$ through $7s$ orbitals show increasing complexity with radial nodes and lobes.
- Red Region (d orbitals):** Contains the $3d$, $4d$, $5d$, and $6d$ orbitals. These orbitals have a characteristic dumbbell shape with two lobes and a central node.
- Blue Region (p orbitals):** Contains the $2p$, $3p$, $4p$, $5p$, and $6p$ orbitals. These orbitals are dumbbell-shaped and oriented along the x, y, and z axes.
- Yellow Region (f orbitals):** Contains the $4f$ and $5f$ orbitals. These orbitals are highly complex with multiple lobes and nodes.

The diagram shows that as the principal quantum number n increases, the size of the orbitals increases significantly, and the number of radial nodes increases by $n - 1$. The complexity of the orbital shapes also increases with n .

Οι έγχρωμες περιοχές στοιχείων δείχνουν τους διαφορετικούς υποφλοιούς που συμπληρώνονται για τα στοιχεία αυτά.

Π.χ. Εύρεση της ηλεκτρονικής δομής του $_{31}\text{Ga}$ $[\text{Ar}]3d^{10}4s^24p^1$

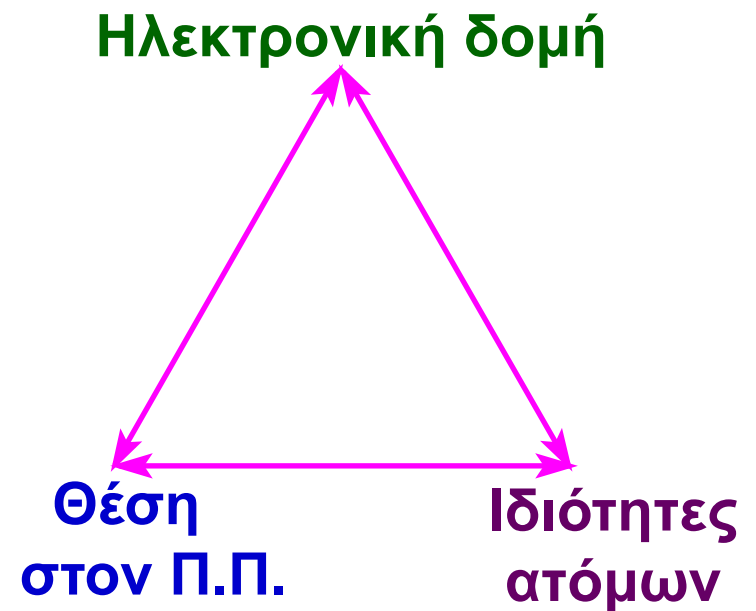
Ο τριπλός συσχετισμός: Ηλεκτρονική δομή – Θέση στον Π.Π. – Ιδιότητες των ατόμων

Η περιοδική κατάταξη των στοιχείων στο Περιοδικό Σύστημα έγινε με βάση τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες.

Η περιοδική κατάταξη των στοιχείων σχετίζεται άμεσα με την ηλεκτρονική τους δομή.

Συμπέρασμα: Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των στοιχείων σχετίζονται με την ηλεκτρονική δομή των στοιχείων.

⇒ Τριπλός συσχετισμός μεταξύ ηλεκτρονικής δομής, θέσεως στον Περιοδικό Πίνακα και ιδιοτήτων των ατόμων.



Άσκηση 3.1

Προβλέψεις για μελλοντικά στοιχεία με βάση τον Περιοδικό Πίνακα

Η ανακάλυψη του στοιχείου με $Z = 118$ ανακοινώθηκε το 1999, όμως αυτή δεν έχει επιβεβαιωθεί μέχρι σήμερα.

(α) Ποια θέση θα κατέχει το στοιχείο αυτό στον Π.Π., όταν η 7η Περίοδος προβλέπεται να έχει τον ίδιο αριθμό στοιχείων όπως και η 6η;

(β) Προβλέψτε τη φυσική κατάσταση, τη χημική δραστηριότητα και την εξωτερική ηλεκτρονική δομή του εν λόγω στοιχείου.

(γ) Με ποια από τα ήδη γνωστά στοιχεία θα μοιάζει το στοιχείο με $Z = 119$;



Άσκηση 3.1

(α) Η 7η Περίοδος θα έχει 32 στοιχεία, όπως και η 6η. Το τελευταίο στοιχείο της 6ης Περιόδου είναι το ευγενές αέριο ραδόνιο, Rn, με $Z = 86$. Αν στο 86 προσθέσουμε το 32, φθάνουμε στο $Z = 118$.

Άρα, το στοιχείο αυτό θα βρίσκεται στην 7η Περίοδο και στην Ομάδα 8A (ευγενή αέρια, κάτω από το στοιχείο Rn).

(β) Είναι πολύ πιθανό το άγνωστο στοιχείο να είναι αέριο, να έχει τη μικρότερη δραστικότητα από τα στοιχεία της 7ης Περιόδου και τη μεγαλύτερη από τα στοιχεία της ομάδας του. Η ηλεκτρονική δομή του φλοιού σθένους θα είναι $7s^27p^6$.

(γ) Επειδή μετά από κάθε ευγενές αέριο ακολουθεί ένα αλκαλιμέταλλο που ανήκει στην Ομάδα 1A, το στοιχείο με $Z = 119$ θα ανήκει στα αλκαλιμέταλλα και στις ιδιότητές του θα μοιάζει με τα στοιχεία αυτά, κυρίως με τα Fr, Cs και Rb.

Τα μέταλλα, τα αμέταλλα και τα ιόντα τους

Αντιπροσωπευτικά στοιχεία στην ίδια περίοδο (C, N, F, O):
διαφορετικός φλοιός σθένους $\Rightarrow$ διαφορετικές ιδιότητες

Στοιχεία μεταπτώσεως στην ίδια περίοδο (Mn, Fe, Co, Ni):
διαφορετικός ο φλοιός $n - 1 \Rightarrow$ μερική ομοιότητα στις
ιδιότητες.

Λανθανίδια στην ίδια σειρά (Ce, Pr, Nd): διαφορετικός ο
φλοιός $n - 2 \Rightarrow$ μεγάλη ομοιότητα στις ιδιότητες.

Ευγενή αέρια: ns^2np^6

Μέταλλα του τομέα s και το Al ($- ne$) $\Rightarrow$ κατιόντα με δομή
 ns^2np^6

Αμέταλλα (τομέας p) ($+ ne$) $\Rightarrow$ ανιόντα με δομή ns^2np^6

Ιόντα αντιπροσωπευτικών στοιχείων

1. Ιόντα αντιπροσωπευτικών μετάλλων

Δομή ευγενούς αερίου (1A, 2A, Al)

Ιοντικό φορτίο = Αριθμός ομάδας



Δομή ψευδοευγενούς αερίου (Ga^{3+} , In^{3+} , Tl^{3+})

Ιοντικό φορτίο = Αριθμός ομάδας



Δομή «18 + 2» (In^+ , Tl^+ , Sn^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} , Bi^{3+})

Ιοντικό φορτίο = Αριθμός ομάδας – 2



18 e σε $n-1$ φλοιό + 2e στον n

Ιόντα αντιπροσωπευτικών στοιχείων

2. Ιόντα αμετάλλων

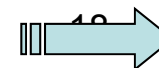
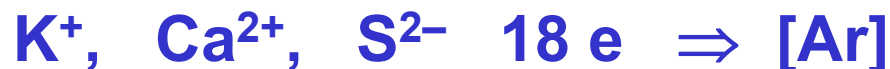
Δομή ευγενούς αερίου

Ιοντικό φορτίο = Αριθμός ομάδας – 8



Ισοηλεκτρονικά χημικά είδη: ίσος αριθμός ηλεκτρονίων

⇒ ίδια ηλεκτρονική δομή στη θεμελιώδη κατάσταση



Κατιόντα μεταβατικών μετάλλων

1. Τα περισσότερα MM σχηματίζουν πάνω από ένα κατιόντα με διαφορετικά φορτία (π.χ. Fe^{2+} , Fe^{3+})

2. Κανένα από αυτά δεν έχει δομή ευγενούς αερίου ($-\text{Sc}^{3+}$)

3. Πρώτα χάνουν τα ns ηλεκτρόνια. Κατόπιν μπορούν να χάσουν ένα ή δύο ($n - 1$) d ηλεκτρόνια.

4. Τα συνηθέστερα φορτία των ιόντων των MM είναι +2 και +3



Συνηθισμένα κατιόντα μεταβατικών μετάλλων

Ιόν	Όνομα ιόντος
Cr^{3+}	Χρώμιο(III)
Mn^{2+}	Μαγγάνιο(II)
Fe^{2+}	Σίδηρος(II)
Fe^{3+}	Σίδηρος(III)
Co^{2+}	Κοβάλτιο(II)
Ni^{2+}	Νικέλιο(II)
Cu^{2+}	Χαλκός(II)
Zn^{2+}	Ψευδάργυρος
Ag^+	Άργυρος
Cd^{2+}	Κάδμιο
Hg^{2+}	Υδράργυρος(II)

Άσκηση 3.2

**Εύρεση στοιχείου από την ηλεκτρονική δομή ενός ιόντος
του**

**Ένα ιόν M^{2+} από την πρώτη σειρά μεταβατικών μετάλλων
έχει τέσσερα ηλεκτρόνια στον υποφλοιό $3d$.
Ποιο είναι το στοιχείο M ;**

Άσκηση 3.2

Γενικός τύπος ηλεκτρονικής δομής για τα MM της πρώτης σειράς: $[\text{Ar}]3d^{1-10}4s^2$

Για να σχηματίσουν ένα κατιόν M^{2+} , αποβάλλουν τα δύο εξώτερα ηλεκτρόνια $4s \Rightarrow$

Ηλεκτρονική δομή του ιόντος M^{2+} : $[\text{Ar}]3d^4 \Rightarrow$

Το στοιχείο M έχει ηλεκτρονική δομή $[\text{Ar}]3d^44s^2$ ή $[\text{Ar}]3d^54s^1$

Η συντομογραφία $[\text{Ar}]$ υποδηλώνει την παρουσία 18 e $\Rightarrow$ το M έχει $18 + 6 = 24$ e $\Rightarrow Z = 24 \Rightarrow M = \text{Cr}$ (χρώμιο).

Τα μεγέθη των ατόμων και ιόντων

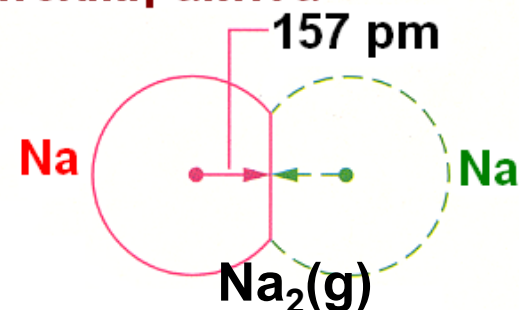
Ομοιοπολική ακτίνα = το $\frac{1}{2}$ της απόστασης δύο ομοιοπυρηνικών ατόμων ενωμένων με απλό χημικό δεσμό.

Μεταλλική ακτίνα = το $\frac{1}{2}$ της απόστασης μεταξύ των πυρήνων δύο ατόμων που βρίσκονται σε επαφή στο μεταλλικό πλέγμα.

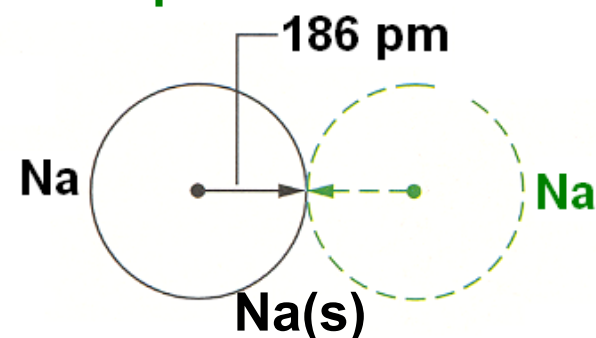
Ατομική ακτίνα = η μεταλλική ακτίνα, αν πρόκειται για μέταλλα, ή η ομοιοπολική ακτίνα για όλες τις άλλες περιπτώσεις, πλην των ιοντικών ενώσεων.

Ιοντική ακτίνα = η συνεισφορά ενός ιόντος στην απόσταση μεταξύ των πυρήνων δύο γειτονικών ιόντων σε μια στερεά ιοντική ένωση.

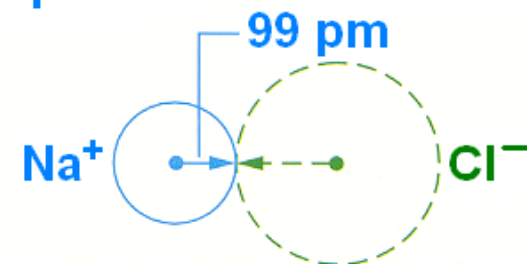
Ομοιοπολική ακτίνα



Μεταλλική ακτίνα



Ιοντική ακτίνα



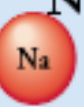
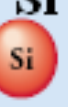
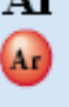
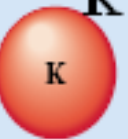
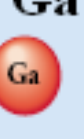
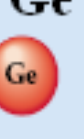
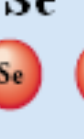
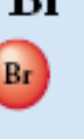
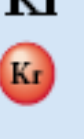
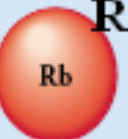
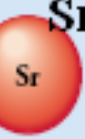
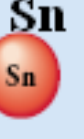
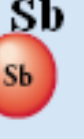
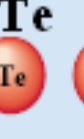
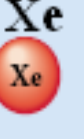
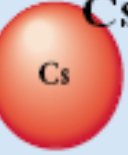
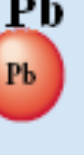
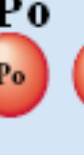
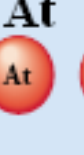
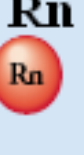
Συγκρίσεις ...

Απεικόνιση ατομικών ακτίνων των στοιχείων των κυρίων ομάδων

Γενικές τάσεις
μεταβολής των
ατομικών ακτίνων

1. Μέσα σε μια
περίοδο, η ατομική
ακτίνα τείνει να
ελαττώνεται από
αριστερά προς τα
δεξιά

2. Μέσα σε μια
ομάδα, η ατομική
ακτίνα τείνει να
αυξάνεται από
πάνω προς τα κάτω

	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A
Περίοδος 1	 H							 He
Περίοδος 2	 Li	 Be	 B	 C	 N	 O	 F	 Ne
Περίοδος 3	 Na	 Mg	 Al	 Si	 P	 S	 Cl	 Ar
Περίοδος 4	 K	 Ca	 Ga	 Ge	 As	 Se	 Br	 Kr
Περίοδος 5	 Rb	 Sr	 In	 Sn	 Sb	 Te	 I	 Xe
Περίοδος 6	 Cs	 Ba	 Tl	 Pb	 Bi	 Po	 At	 Rn

Παράγοντες που καθορίζουν την ατομική ακτίνα

Είναι οι παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος του εξώτερου τροχιακού του ατόμου:

1. ο κύριος κβαντικός αριθμός (n)

2. το δραστικό πυρηνικό φορτίο Z_{eff} = το θετικό φορτίο που δρα από πλευράς πυρήνα πάνω σε ένα ηλεκτρόνιο, μειωμένο όμως σε σχέση με το πραγματικό πυρηνικό φορτίο, λόγω της θωράκισης που δημιουργεί κάθε ηλεκτρόνιο που παρεμβάλλεται ανάμεσα στον πυρήνα και το θεωρούμενο ηλεκτρόνιο.

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

s = σταθερά θωράκισης, ή προάσπισης.

s : εξαρτάται από τον αριθμό των παρεμβαλλόμενων e και από τον τύπο του υποφλοιού (s, p, d, f) στον οποίον ευρίσκονται τα e

Αξίζει να θυμόμαστε: το Z_{eff} μέσα σε μια περίοδο αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά, ενώ μέσα σε μια ομάδα παραμένει σχεδόν σταθερό.

Εξήγηση των τάσεων μεταβολής των ατομικών ακτίνων

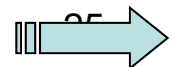
Για τα στοιχεία των κυρίων ομάδων:

Μέσα σε μια περίοδο και από αριστερά προς τα δεξιά:

Ο n παραμένει σταθερός. Όμως, το Z_{eff} αυξάνεται, οπότε αυξάνεται και η έλξη του πυρήνα πάνω στο εξώτερο ηλεκτρόνιο, με αποτέλεσμα η ατομική ακτίνα τείνει να ελαττώνεται από αριστερά προς τα δεξιά μέσα στον Π.Π.

Μέσα σε μια ομάδα και από πάνω προς τα κάτω:

Το Z_{eff} παραμένει σχεδόν σταθερό. Όμως, ο n αυξάνεται, οπότε αυξάνεται και η απόσταση από το κέντρο του πυρήνα μέχρι την περιοχή του εξώτερου ηλεκτρονίου, δηλαδή η ατομική ακτίνα αυξάνεται.



Εξήγηση των τάσεων μεταβολής των ατομικών ακτίνων

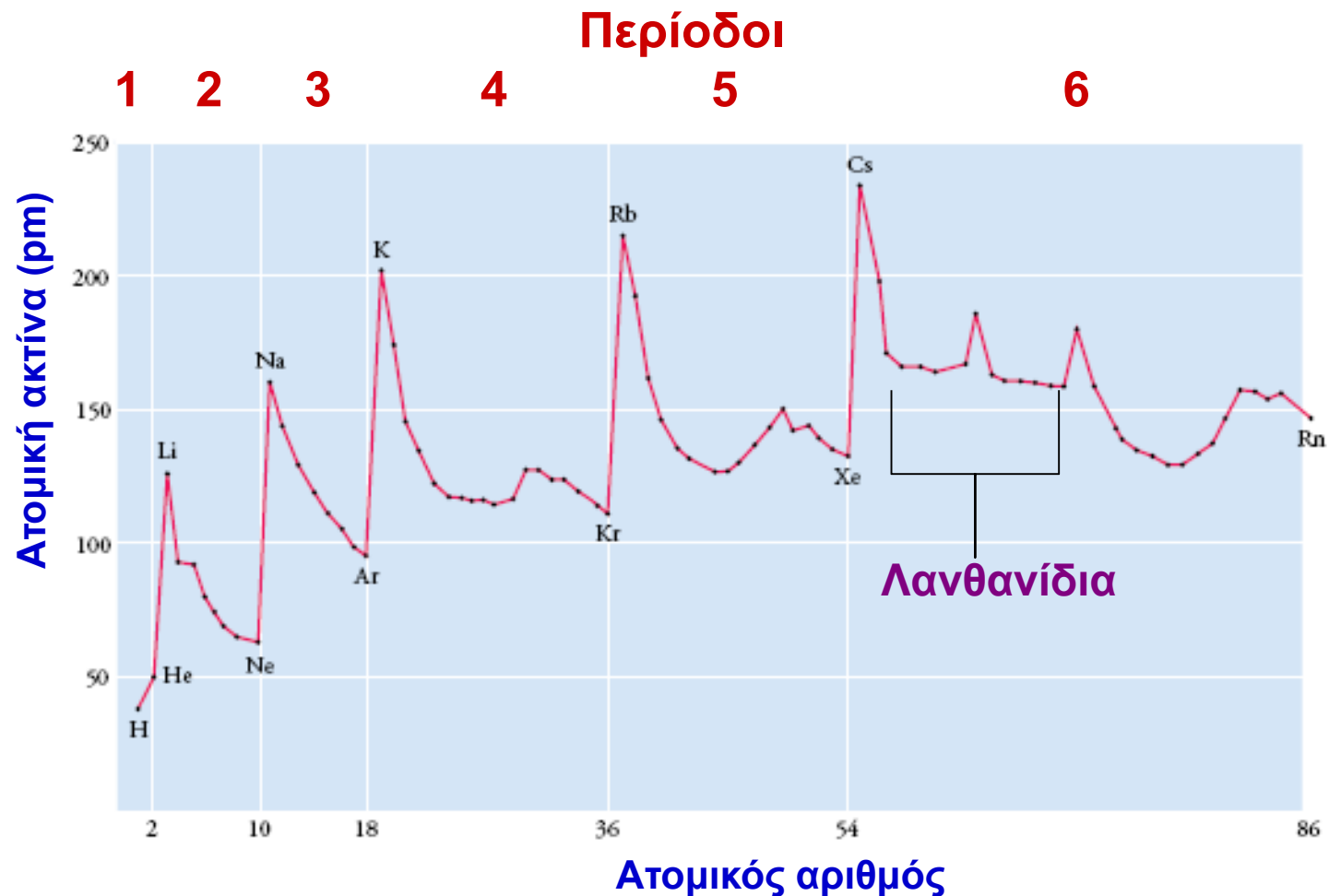
Για τα στοιχεία μεταπτώσεως

Κατά μήκος μιας σειράς στοιχείων μεταπτώσεως, η ατομική ακτίνα **αρχικά ελαττώνεται σημαντικά**, λόγω αυξανόμενου Z_{eff} , **μετά ελαττώνεται ελαφρά και προς το τέλος της σειράς αυξάνεται.**

Ο λόγος είναι ότι στα στοιχεία αυτά συμπληρώνονται τα εσωτερικά d τροχιακά, οπότε η θωράκιση του Z_{eff} ενισχύεται και η επίδρασή του πάνω στα εξώτατα s ηλεκτρόνια, **που καθορίζουν και την ατομική ακτίνα, μειώνεται.**

Όταν πληθύνουν τα d ηλεκτρόνια, η μείωση της δράσης του Z_{eff} πάνω στα εξώτατα s ηλεκτρόνια σημαίνει αύξηση της ατομικής ακτίνας.

Ατομική ακτίνα έναντι ατομικού αριθμού



Η καμπύλη είναι περιοδική: κάθε περίοδος αρχίζει με άτομο της Ομάδας 1A και η ατομική ακτίνα τείνει να μειώνεται μέχρι το άτομο της Ομάδας 8A

Άσκηση 3.3

Σύγκριση των ατομικών ακτίνων διαφόρων στοιχείων

Χρησιμοποιώντας περιοδικές τάσεις, τοποθετήστε τα στοιχεία F, S και Cl κατά σειρά αυξανόμενης ακτίνας.

Άσκηση 3.3

Μέσα σε μια ομάδα: η ατομική ακτίνα μεγαλώνει από πάνω προς τα κάτω (π.χ. από το F προς το Cl)

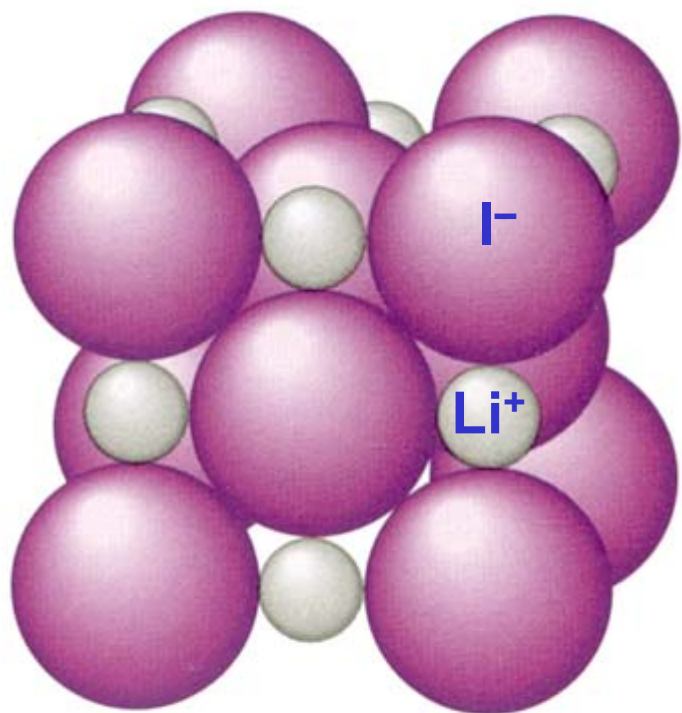
$\Rightarrow F < Cl$

Μέσα σε μια περίοδο: η ατομική ακτίνα μεγαλώνει από δεξιά προς τα αριστερά (από το Cl προς το S) $\Rightarrow Cl < S$

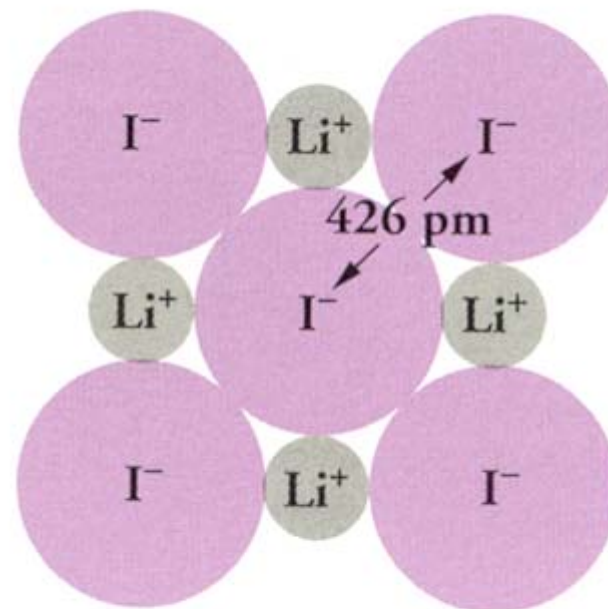
Έτσι, η κατάταξη κατά αυξανόμενη ατομική ακτίνα είναι

$F < Cl < S$

Ιοντικές ακτίνες



A



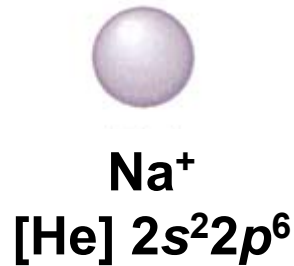
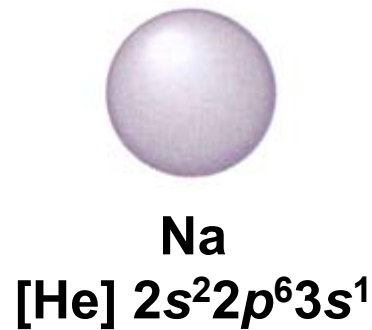
B

Προσδιορισμός
της ακτίνας του
iónτος ιωδιδίου
(I^-) στον
κρύσταλλο του
ιωδιδίου του
λιθίου (LiI)

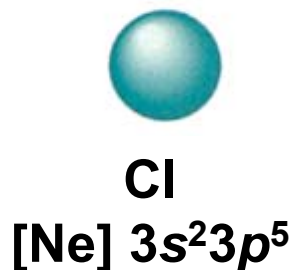
(A) Τρισδιάστατη απεικόνιση του κρυστάλλου.

(B) Διατομή μιας στιβάδας íόντων. Τα íόντα ιωδιδίου, I^- , θεωρούνται ως σφαίρες σε επαφή η μία με την άλλη. Η απόσταση μεταξύ των πυρήνων ιωδίου (426 pm) προσδιορίζεται πειραματικά. Το μισό αυτής της απόστασης (213 pm) ισούται με την ακτίνα του íόντος ιωδιδίου.

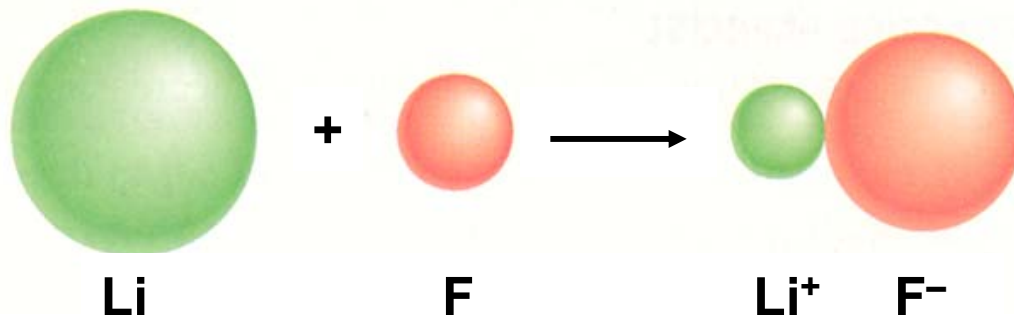
Σύγκριση ατομικών και ιοντικών ακτίνων



Παρατηρούμε ότι το άτομο του νατρίου χάνει τον εξωτερικό του φλοιό κατά τον σχηματισμό του ιόντος Na⁺. Έτσι, το κατιόν είναι **μικρότερο** από το ουδέτερο άτομο.

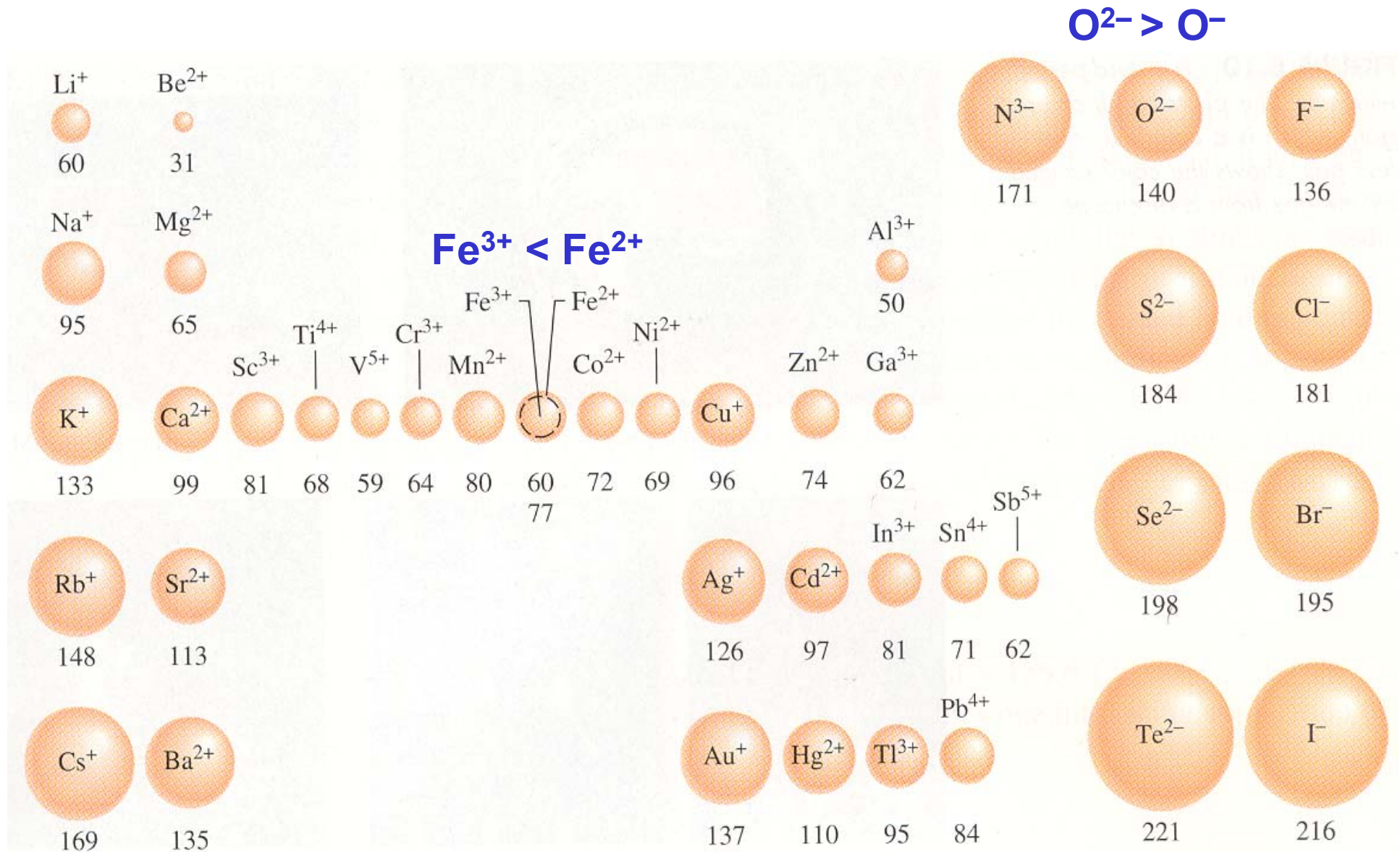


Το ιόν Cl⁻ είναι **μεγαλύτερο** από το άτομο Cl, επειδή το ίδιο πυρηνικό φορτίο συγκρατεί έναν μεγαλύτερο αριθμό ηλεκτρονίων λιγότερο ισχυρά.



Τι «χάνει» το Li και τι «κερδίζει» το F σε μέγεθος όταν αντιδρούν

Μεταβολή των ιοντικών ακτίνων μέσα στον Π.Π.



Ισοηλεκτρονικά ιόντα

Ισοηλεκτρονικά είναι τα χημικά είδη που έχουν τον ίδιον αριθμό ηλεκτρονίων και την ίδια ηλεκτρονική δομή.

Τα ιόντα O^{2-} , F^{-} , Na^{+} , Mg^{2+} και Al^{3+} έχουν από 10 ηλεκτρόνια και την ηλεκτρονική δομή του νέου, $[Ne]$, $1s^2 2s^2 2p^6$, γι' αυτό είναι ισοηλεκτρονικά.

Καθώς το πυρηνικό φορτίο αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά, τα ηλεκτρόνια έλκονται όλο και πιο ισχυρά από τον πυρήνα και η ιοντική ακτίνα διαρκώς ελαττώνεται:



Άσκηση 3.4

Σύγκριση ιοντικών και ατομικών ακτίνων

Τοποθετήστε τα ακόλουθα χημικά είδη κατά σειρά αυξανόμενης ακτίνας: Rb^+ , Y^{3+} , Br^- , Kr , Sr^{2+} , Se^{2-}

Άσκηση 3.4

Από τη θέση των ατόμων στον Π.Π. και το ιοντικό φορτίο, διαπιστώνουμε ότι πρόκειται για ισοηλεκτρονικά χημικά είδη (το καθένα έχει 36 ηλεκτρόνια και τη δομή του κρυπτού, [Kr]).

Σε μια σειρά ισοηλεκτρονικών χημικών ειδών, το μέγεθος καθορίζεται από το πυρηνικό φορτίο.

Τα χημικά είδη με το μεγαλύτερο πυρηνικό φορτίο (ατομικό αριθμό) είναι τα μικρότερα σε μέγεθος, ενώ αυτά που έχουν το μικρότερο πυρηνικό φορτίο είναι τα μεγαλύτερα σε μέγεθος.

Έτσι, η ζητούμενη σειρά είναι



Ενέργεια ιοντισμού

Ενέργεια πρώτου ιοντισμού (I_1): η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για την απομάκρυνση του ηλεκτρονίου με την υψηλότερη ενέργεια (δηλαδή του εξώτερου ηλεκτρονίου) από το ουδέτερο άτομο στη θεμελιώδη κατάσταση και σε αέρια φάση.

Ανάλογα ορίζονται οι ενέργειες δεύτερου (I_2), τρίτου (I_3) ... ιοντισμού



Μεταβολή της ενέργειας ιοντισμού συναρτήσει του ατομικού αριθμού



Παρατηρούμε ότι οι τιμές τείνουν να αυξάνονται μέσα σε κάθε περίοδο, με εξαίρεση κάποιες μικρές μειώσεις στις ενέργειες ιοντισμού των στοιχείων 3A και 4A. Μεγάλες πτώσεις έχουμε όταν ξεκινά μια νέα περίοδος. Μέσα σε μια ομάδα, η I_1 μειώνεται από πάνω προς τα κάτω.

Διαδοχικές ενέργειες ιοντισμού των δέκα πρώτων στοιχείων (σε kJ/mol)

Στοιχείο	Πρώτη	Δεύτερη	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Έκτη	Εβδομή
H	1312						
He	2372	5250					
Li	520	7298	11.815				
Be	899	1757	14.848	21.006			
B	801	2427	3660	25.025	32.826		
C	1086	2353	4620	6222	37.829	47.276	
N	1402	2857	4578	7475	9445	53.265	64.358
O	1314	3388	5300	7469	10.989	13.326	71.333
F	1681	3374	6020	8407	11.022	15.164	17.867
Ne	2081	3952	6122	9370	12.177	15.238	19.998

**Σύγκριση I_1 , I_2 , I_3 , ... Γιατί οι ενέργειες ιοντισμού στα δεξιά της
κλιμακωτής γραμμής αυξάνονται απότομα;**

Γιατί η I_3 του μαγνησίου είναι πολύ μεγαλύτερη από τη I_2 ;



Η I_2 αντιστοιχεί στην απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου σθένους (από το τροχιακό $3s$), η οποία είναι σχετικά εύκολη. Όμως, η I_3 αντιστοιχεί στην απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από τον κορμό του ιόντος Mg^{2+} που έχει την πολύ σταθερή δομή ευγενούς αερίου, του νέου, $[\text{Ne}]$.

Μια τέτοια διαδικασία απαιτεί ένα πολύ μεγάλο ποσόν ενέργειας.

Εξήγηση των τάσεων μεταβολής της ενέργειας ιοντισμού

Ένα e έλκεται τόσο πιο ισχυρά από τον πυρήνα, όσο μεγαλύτερο είναι το Z_{eff} και όσο μικρότερη είναι η ατομική ακτίνα. Γενικά ισχύει:

Μέσα σε μια ομάδα του Π.Π. και από πάνω προς τα κάτω:
Η ατομική ακτίνα αυξάνεται, ενώ το Z_{eff} παραμένει σχεδόν αμετάβλητο $\Rightarrow$ η I_1 ελαττώνεται

Μέσα σε μια περίοδο του Π.Π. και από αριστερά προς τα δεξιά:
Η ατομική ακτίνα ελαττώνεται, ενώ το Z_{eff} αυξάνεται $\Rightarrow$ η I_1 αυξάνεται.

Εξαιρέσεις: Όταν το e που πρέπει να απομακρυνθεί είναι συζευγμένο (βρίσκεται στο ίδιο τροχιακό με ένα άλλο e), π.χ.
B: αποτελεσματική θωράκιση του $2p$ από τα $2s \Rightarrow I_1(B) < I_1(Be)$
O: $2e$ στο ίδιο $2p \Rightarrow$ αυξημένη άπωση $\Rightarrow I_1(O) < I_1(N)$

Άσκηση 3.5

Προσδιορισμός σχετικών ενεργειών ιοντισμού από περιοδικές τάσεις

Χρησιμοποιώντας περιοδικές τάσεις, τοποθετήστε τα στοιχεία Ar, Na, Cl και Al κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας ιοντισμού.

Άσκηση 3.5

Όλα τα στοιχεία ανήκουν στην 3η Περίοδο.

Μέσα σε μια περίοδο η ενέργεια ιοντισμού αυξάνεται γενικώς από αριστερά προς τα δεξιά.

Από αριστερά προς τα δεξιά, η σειρά των στοιχείων στον Π.Π. είναι Na, Al, Cl, Ar.

Κανένα από τα στοιχεία αυτά δεν υπάγεται στις εξαιρέσεις.

Άρα, η κατάταξη κατά σειρά αυξανόμενης ενέργειας ιοντισμού είναι
 $\text{Na} < \text{Al} < \text{Cl} < \text{Ar}$

Ηλεκτρονική συγγένεια (EA ή $H\Sigma$)

Όταν ένα ουδέτερο άτομο στην αέρια φάση προσλαμβάνει ένα ηλεκτρόνιο για να σχηματίσει ένα σταθερό αρνητικό ιόν, εκλύεται ενέργεια, π.χ.



Αυτό που μετρούμε συνήθως είναι η ενέργεια απόσπασης του ηλεκτρονίου από το αρνητικό ιόν, δηλ. η ενέργεια ιοντισμού του αρνητικού ιόντος:



Ηλεκτρονική συγγένεια (electron affinity, EA) ενός ατόμου = η ενέργεια που απαιτείται για την απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από το αρνητικό ιόν του ατόμου στη θεμελιώδη του κατάσταση.

Πρώτη ηλεκτρονική συγγένεια ($\Delta E = H\Sigma_1$),

δεύτερη ηλεκτρονική συγγένεια ($H\Sigma_2$), τρίτη ($H\Sigma_3$), κοκ.

Μερικές ηλεκτρονικές συγγένειες ($H\Sigma_1$ σε kJ/mol)

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
60	≤ 0	27	122	≤ 0	141	328	> 0
						Cl	
						349	
						Br	
						325	
						I	
						295	

Μεγάλη θετική τιμή $H\Sigma_1$: το ουδέτερο άτομο έχει ισχυρή συγγένεια προς ένα e, δηλ. προσλαμβάνει εύκολα ένα e $\Rightarrow$ πολύ σταθερό αρνητικό ιόν

Μικρή θετική τιμή $H\Sigma_1 \Rightarrow$ λιγότερο σταθερό αρνητικό ιόν

Τιμές $H\Sigma_1 \leq 0$ υποδηλώνουν ασταθή ιόντα

Ποια είναι η γενική τάση μεταβολής της $H\Sigma$ μέσα στον Π.Π.;

Η ηλεκτρονική συγγένεια εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες, από τους οποίους εξαρτάται και η ενέργεια ιοντισμού, δηλαδή την ατομική ακτίνα και το Z_{eff} .

Μέσα σε μια ομάδα του Π.Π. και από πάνω προς τα κάτω:
Η ατομική ακτίνα αυξάνεται, ενώ το Z_{eff} παραμένει σχεδόν αμετάβλητο $\Rightarrow$ η $H\Sigma_1$ ελαττώνεται

Μέσα σε μια περίοδο του Π.Π. και από αριστερά προς τα δεξιά:
Η ατομική ακτίνα ελαττώνεται, ενώ το Z_{eff} αυξάνεται $\Rightarrow$ η $H\Sigma_1$ αυξάνεται.

Τις μεγαλύτερες (θετικές) τιμές $H\Sigma_1$ τις έχουν τα αλογόνα !

Άσκηση 3.6

Σύγκριση των ηλεκτρονικών συγγενειών δύο στοιχείων

Με βάση τον γενικό τρόπο μεταβολής της ηλεκτρονικής συγγένειας μέσα στον περιοδικό πίνακα, βρείτε ποιο στοιχείο σε καθένα από τα ακόλουθα ζεύγη έχει τη μεγαλύτερη τιμή:
(α) Cl, S (β) Se, K

Άσκηση 3.6

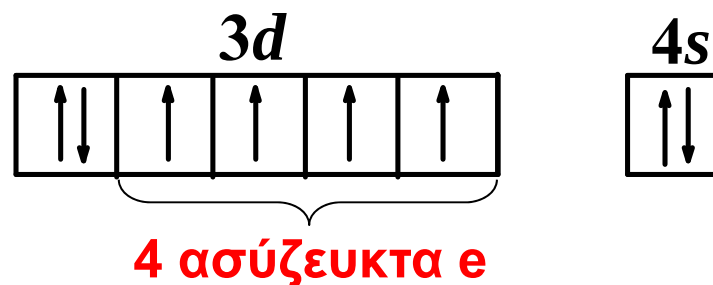
(α) Γενικά, η ηλεκτρονική συγγένεια αυξάνεται πηγαίνοντας από αριστερά προς τα δεξιά μέσα σε μια περίοδο.

Έτσι, το Cl έχει μεγαλύτερη τιμή ηλεκτρονικής συγγένειας από το S.

(β) Γενικά, ένα αμέταλλο, όπως το Se, έχει μεγαλύτερη τιμή ηλεκτρονικής συγγένειας από ένα μέταλλο, όπως το K.

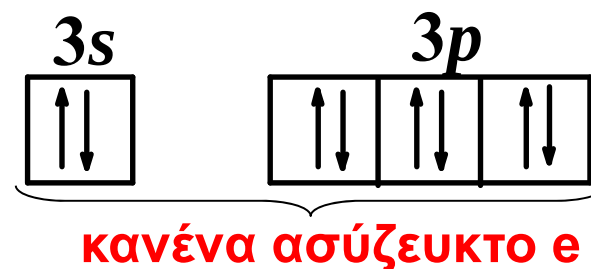
Μαγνητικές ιδιότητες ατόμων

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

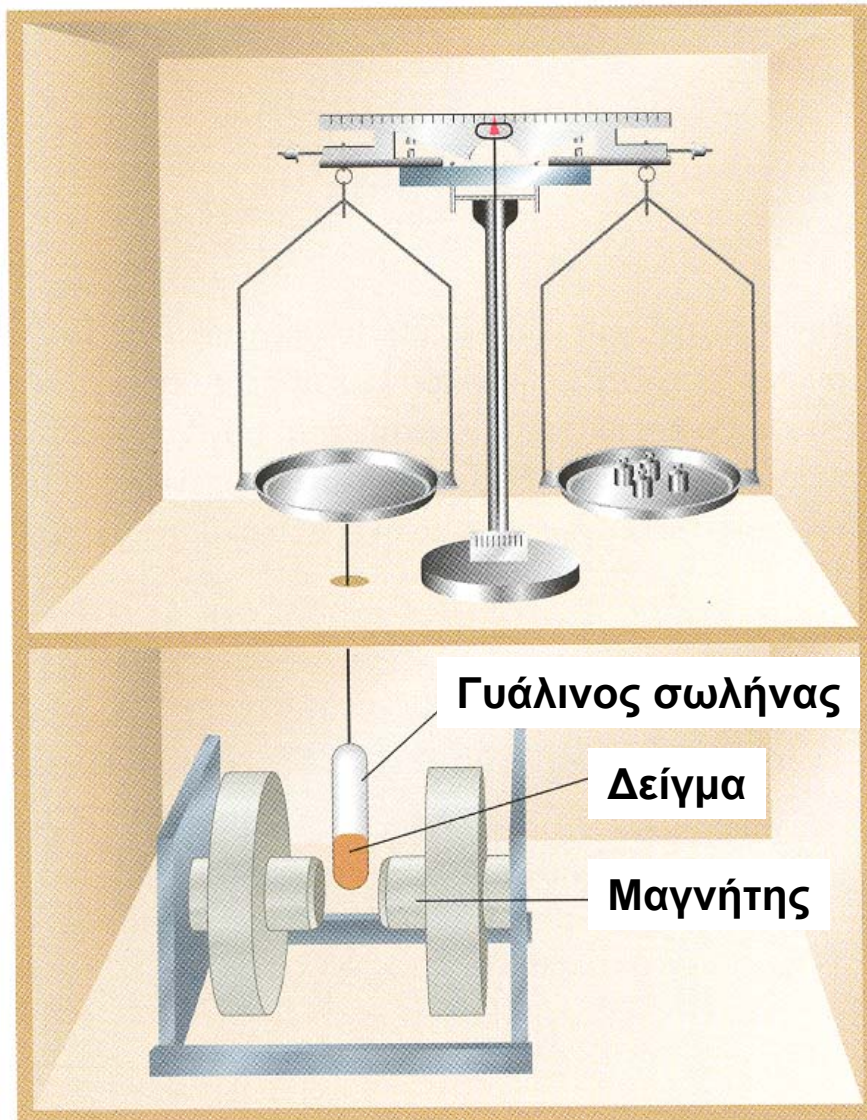


Διαμαγνητική ουσία είναι μια ουσία η οποία **δεν έλκεται**, ή και **απωθείται ελαφρά**, από ένα μαγνητικό πεδίο.

Η ιδιότητα αυτή σημαίνει, γενικά, ότι η ουσία έχει μόνο συζευγμένα ηλεκτρόνια.



Ζυγός Gouy για τη μέτρηση του παραμαγνητισμού μιας ουσίας



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

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

Τα σταθμά είναι ανάλογα προς τον παραμαγνητισμό της ουσίας.

Μαγνητικές ιδιότητες των ατόμων

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



Μετεώριση ενός βατράχου

Ένας βάτραχος τοποθετημένος μέσα σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο, παραγόμενο από ρεύμα που διαρρέει ένα υδρόψυκτο πηνίο, φαίνεται να αιωρείται στον αέρα, παραβαίνοντας τον νόμο της βαρύτητας. Το σώμα του βατράχου αποτελείται από ουσίες που είναι διαμαγνητικές (όλα τα ηλεκτρόνιά τους είναι συζευγμένα) και απωθούνται από το μαγνητικό πεδίο.

Άσκηση 3.7

Προσδιορισμός των μαγνητικών ιδιοτήτων ατόμων ή ιόντων

Ποια από τα παρακάτω άτομα ή ιόντα είναι παραμαγνητικά και ποια διαμαγνητικά; Zn, Cl, Cs⁺, O²⁻, Al

Άσκηση 3.7

Τα $_{17}\text{Cl}$ και $_{13}\text{Al}$ πρέπει να είναι παραμαγνητικά γιατί έχουν περιττό αριθμό ηλεκτρονίων.

Το O^{2-} , με 10 e, είναι ισοηλεκτρονικό με το ευγενές αέριο Ne.

Το Cs^+ , με 54 e, είναι ισοηλεκτρονικό με το ευγενές αέριο Xe.

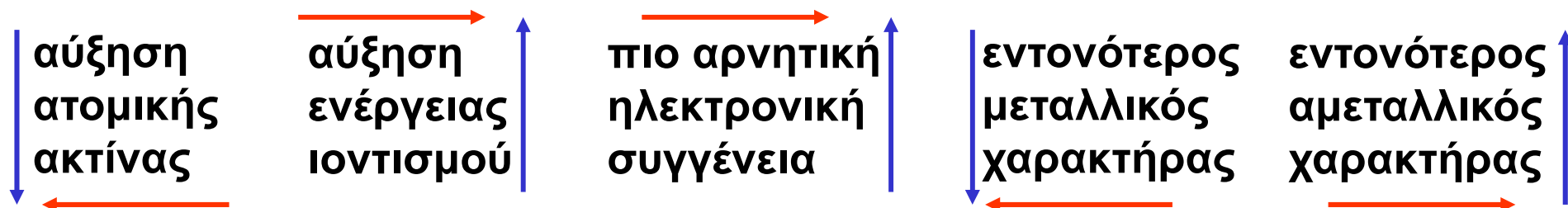
Τα ευγενή αέρια, με εξωτερική ηλεκτρονική δομή ns^2np^6 έχουν όλα τα ηλεκτρόνια τους συζευγμένα και άρα είναι διαμαγνητικά.

Ο ψευδάργυρος (Zn), με την ηλεκτρονική δομή $[\text{Ar}] 3d^{10}4s^2$, έχει όλα του τα ηλεκτρόνια συζευγμένα και άρα είναι διαμαγνητικός.

Ατομικές ιδιότητες και Περιοδικός Πίνακας

Τα κατακόρυφα βέλη
εκφράζουν την τάση
μέσα σε μια ομάδα

Τα οριζόντια βέλη
εκφράζουν την τάση
μέσα σε μια περίοδο



Περιοδικότητα στις ιδιότητες των στοιχείων

Φυσικές ιδιότητες

Μεταβολές φυσικών ιδιοτήτων μέσα σε μια ομάδα

Η τιμή μιας ιδιότητας, όπως π.χ. το σ.ζ. ή το σ.τ., συχνά μεταβάλλεται με κάποια κανονικότητα από πάνω προς τα κάτω μέσα σε μια ομάδα στοιχείων του Π.Π.

Μεταβολές φυσικών ιδιοτήτων μέσα σε μια περίοδο

Υπάρχουν λίγες ιδιότητες, όπως π.χ. η ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα, που μεταβάλλονται ομαλά με κάποια κανονικότητα κατά μήκος μιας περιόδου του Π.Π.

Π.χ.,

Na, Mg, Al = καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού

Si = ημιαγωγός

P, S, Cl = κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού

Περιοδικότητα στις ιδιότητες των στοιχείων

Χημικές ιδιότητες

Διαγώνιες σχέσεις είναι οι ομοιότητες στις χημικές ιδιότητες που παρατηρούνται μεταξύ ορισμένων ζευγών στοιχείων που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες και διαφορετικές περιόδους του Π.Π., όπως Li – Mg, Be – Al και B – Si.

Αιτία: η ομοιότητα στις πυκνότητες φορτίων των αντίστοιχων κατιόντων.

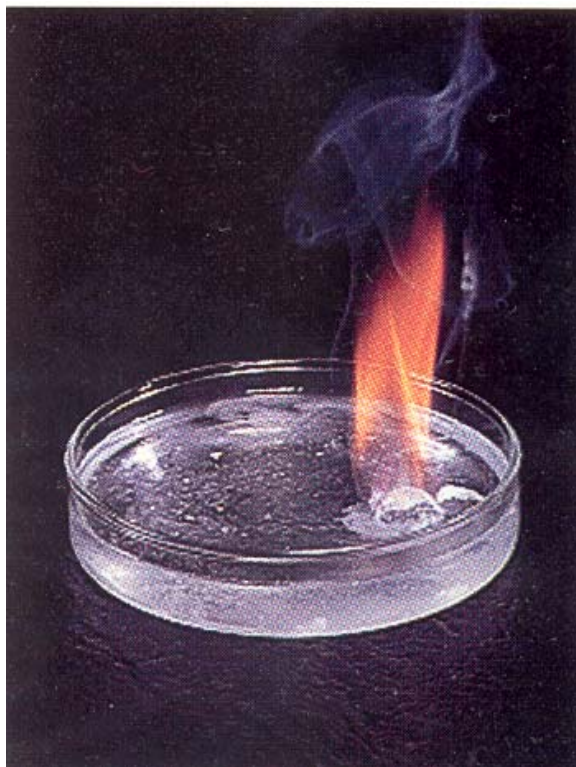
Αναγωγική ισχύς των μετάλλων 1A και 2A

Ως ένα βαθμό, εξηγείται βάσει των ενεργειών ιοντισμού. Π.χ. το K είναι πιο ισχυρό αναγωγικό από το Ca διότι έχει μικρότερη ενέργεια ιοντισμού από το Ca

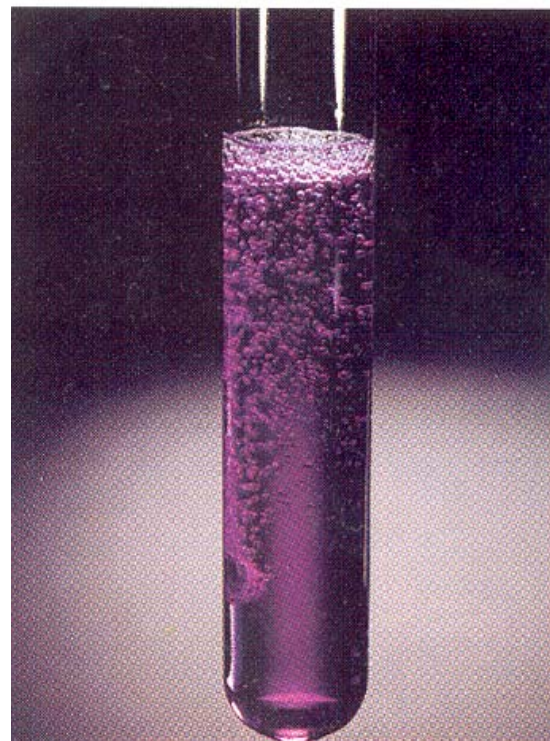
Οξειδωτική ισχύς των αλογόνων

Εξηγείται βάσει των τιμών ηλεκτρονικής συγγένειας (Cl_2 , Br_2 , I_2). Το F_2 είναι το ισχυρότερο οξειδωτικό στοιχείο!!

Αναγωγική ισχύς των μετάλλων 1A και 2A

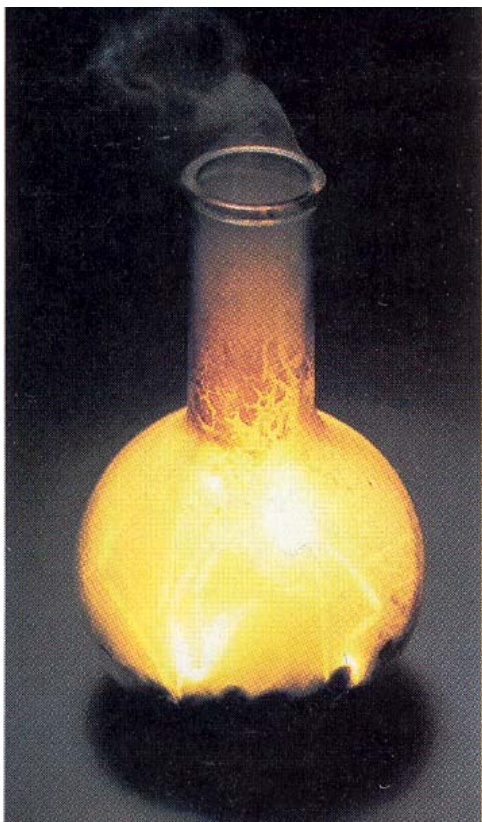


Το κάλιο αντιδρά τόσο βίαια με το νερό, ώστε το H_2 που ελευθερώνεται, αναφλέγεται

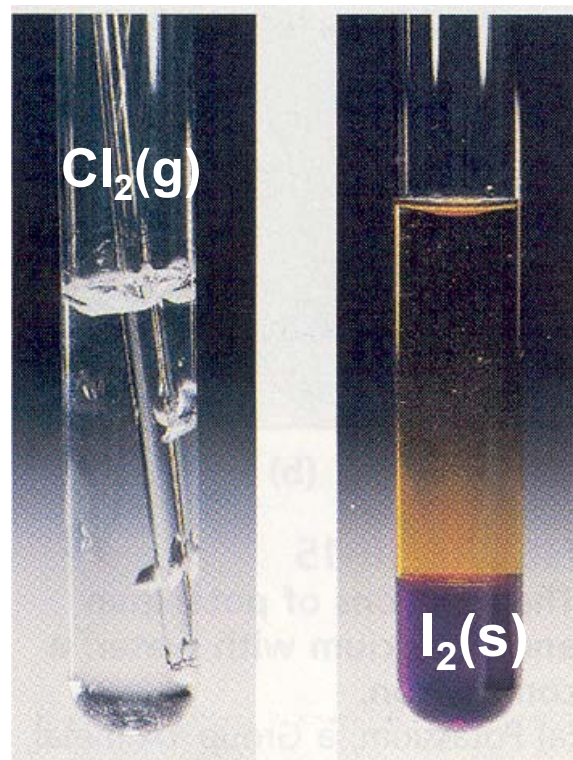


Το ασβέστιο αντιδρά πιο ήρεμα με το νερό, παράγοντας επίσης H_2 , χωρίς όμως ανάφλεξη.

Οξειδωτική ισχύς των αλογόνων



Ένα δραστικό μέταλλο (μικρή I_1)
και ένα δραστικό αμέταλλο (μεγάλη
 $H\Sigma_1$) αντιδρούν έντονα
παράγοντας το ιοντικό στερεό
NaCl.



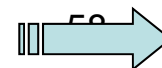
Το $\text{Cl}_2(\text{g})$ που εισάγεται στο
διάλυμα των ιόντων $\text{I}^-(\text{aq})$, ως
ισχυρότερο οξειδωτικό από το
 I_2 , οξειδώνει τα ιόντα I^- προς I_2

Άσκηση 3.8

Εκτίμηση φυσικών ιδιοτήτων βάσει του Περιοδικού Πίνακα

Συγκρίνετε τα στοιχεία θάλλιο και σελήνιο ως προς τις ακόλουθες ιδιότητες:

- (α) σημεία ζέσεως και τήξεως
- (β) ηλεκτρική αγωγιμότητα
- (γ) ελατότητα (ικανότητα μετατροπής σε ελάσματα)
- (δ) ενέργεια πρώτου ιοντισμού



Άσκηση 3.8

Το θάλλιο (Tl) ως το βαρύτερο στοιχείο της Ομάδας 3A είναι ένα μέταλλο.

Το σελήνιο (Se), ως το τρίτο μέλος των χαλκογόνων (Ομάδα 6A) έχει ιδιότητες αμετάλλου.

(α) Συνήθως τα σημεία ζέσεως και τήξεως των μετάλλων είναι υψηλότερα από αυτά των αμετάλλων

$$\Rightarrow (\sigma.τ., \sigma.ζ) \text{ Tl} > (\sigma.τ., \sigma.ζ) \text{ Se}$$

(β) Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων είναι μεγαλύτερη από εκείνη των αμετάλλων (Tl καλύτερος ηλεκτρικός αγωγός)

(γ) Το Tl ως μέταλλο είναι ελατό, το Se όχι.

(δ) Γενικά, τα μέταλλα έχουν χαμηλότερες ενέργειες ιοντισμού (χάνουν ευκολότερα e από τα αμέταλλα) $\Rightarrow I_1(\text{Tl}) < I_1(\text{Se})$.