

ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

-- ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ--

Ιωάννης Καρτσωνάκης

ikartso@chemeng.ntua.gr



Χημικά στοιχεία ονομάζονται οι ουσίες που δεν μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερες.

- Τα χημικά στοιχεία αποτελούν τα δομικά υλικά του πλανήτη μας.
- Είναι λίγο περισσότερα από εκατό (112) και χωρίζονται σε μέταλλα και αμέταλλα.
- Ταξινομούνται στον περιοδικό πίνακα
- Συνδυάζονται μεταξύ τους και δημιουργούν την αφάνταστη ποικιλία με την οποία εμφανίζεται η ύλη.

IUPAC Periodic Table of the Elements

57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium 144.9126(2)	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(2)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.967
89 Ac actinium 227.03	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium 237.05	94 Pu plutonium 244.06	95 Am americium 243.06	96 Cm curium 247.07	97 Bk berkelium 247.07	98 Cf californium 251.08	99 Es einsteinium 252.08	100 Fm fermium 257.10	101 Md mendelevium 258.10	102 No nobelium 259.10	103 Lr lawrencium 262.10

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



Περιοδικός Πίνακας

Atomic Size Increases

Electronegativity Increases

Ionization Energy Increases

Atomic Size Increases

Electronegativity Increases

Ionization Energy Increases

1	2																	18
H	He																	He
3	4																	10
Li	Be																	Ne
5	6																	17
Na	Mg																	Ar
11	12	13	14	15	16	17	18											36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo	
LANTHANIDES																		
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
ACTINIDES																		
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

*Φυσικές ιδιότητες
ατόμων:*
Ατομική ακτίνα
Ενέργεια ιονισμού
Ηλεκτραρνητικότητα

Περιοδικός νόμος: Ορίζει ότι όταν τα στοιχεία ταξινομούνται κατ' αύξοντα ατομικό αριθμό, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες μεταβάλλονται περιοδικά.

The diagram illustrates periodic trends using three arrows. A horizontal red arrow at the top points left, labeled 'Atomic Size Increases'. A horizontal black arrow below it points right, labeled 'Electronegativity Increases'. On the left side, a vertical red arrow points down, labeled 'Atomic Size Increases'. Next to it, a vertical black arrow points up, labeled 'Electronegativity Increases'. To the left of that, a vertical blue arrow points up, labeled 'Ionization Energy Increases'.

- **Ατομική ακτίνα** (r) ορίζεται ως το μισό της απόστασης μεταξύ των πυρήνων δύο γειτονικών ατόμων, όπως αυτά διατάσσονται στο κρυσταλλικό πλέγμα του χημικού στοιχείου.
- Η ατομική ακτίνα καθορίζει το μέγεθος του ατόμου.
- Αν θεωρήσουμε το άτομο ως σφαίρα, τότε η ατομική ακτίνα είναι η μέση απόσταση των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας από το κέντρο του πυρήνα.
- Επειδή όμως τα όρια των ηλεκτρονιακών νεφών δεν είναι σαφή (πιθανότητα εύρεσης του ηλεκτρονίου), είναι αδύνατον να προσδιοριστεί με ακρίβεια η ατομική ακτίνα.

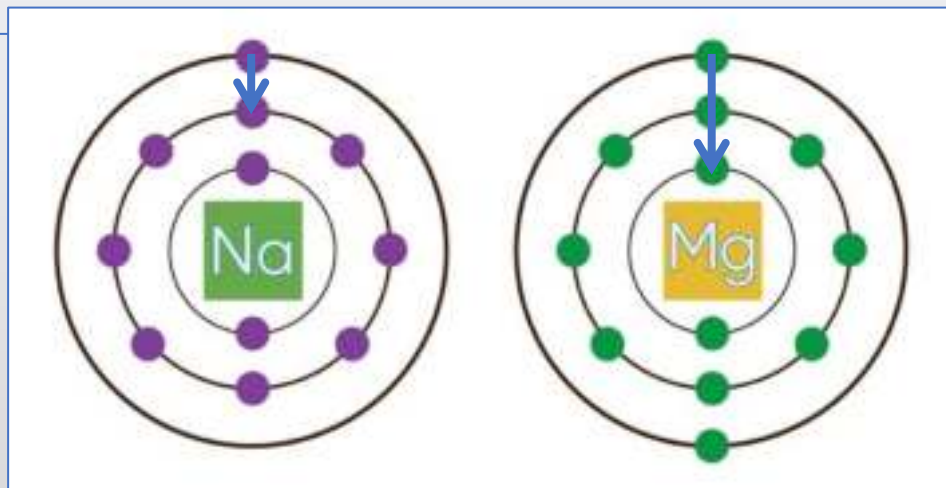
Ατομική ακτίνα σε περίοδο

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

Όσο πηγαίνουμε προς τα δεξιά:

- αυξάνεται ο ατομικός αριθμός.
- αυξάνεται το δραστικό πυρηνικό φορτίο του ατόμου (κατά προσέγγιση το φορτίο του πυρήνα μειωμένο κατά το φορτίο των ηλεκτρονίων των εσωτερικών στιβάδων).
- λόγω μεγαλύτερης έλξης των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας από τον πυρήνα, η ατομική ακτίνα μειώνεται.

Ατομική ακτίνα σε περίοδο



$Z = 11$
10 εσωτερικά e
 $r = 1,86 \text{ \AA}$

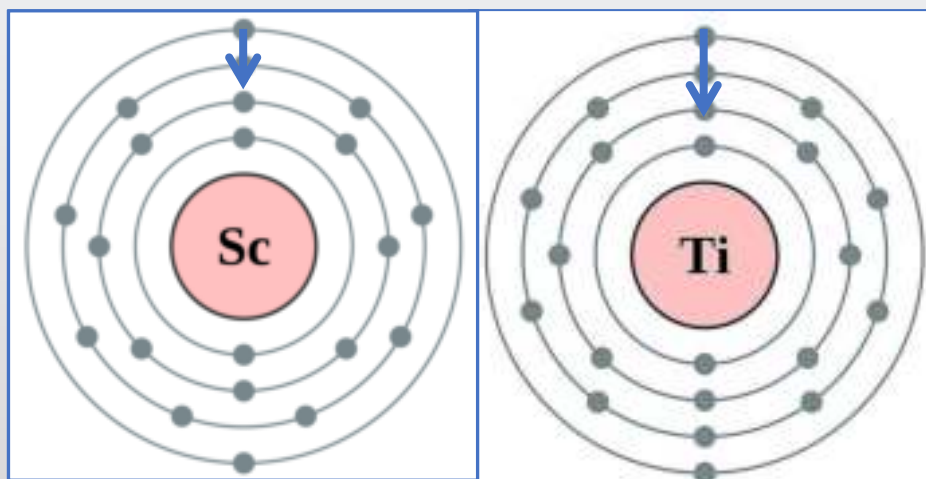
$Z = 12$
10 εσωτερικά e
 $r = 1,60 \text{ \AA}$

Μεγαλύτερη έλξη
Μικρότερη ακτίνα

$$* 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

Ατομική ακτίνα σε περίοδο

... σε στοιχεία μετάπτωσης



$Z = 21$
19 εσωτερικά e
 $r = 1,61 \text{ \AA}$

$Z = 22$
20 εσωτερικά e
 $r = 1,45 \text{ \AA}$

Λίγο μεγαλύτερη έλξη
Λίγο μικρότερη ακτίνα

Τα επιπλέον e προστίθενται σε εσωτερική στιβάδα.

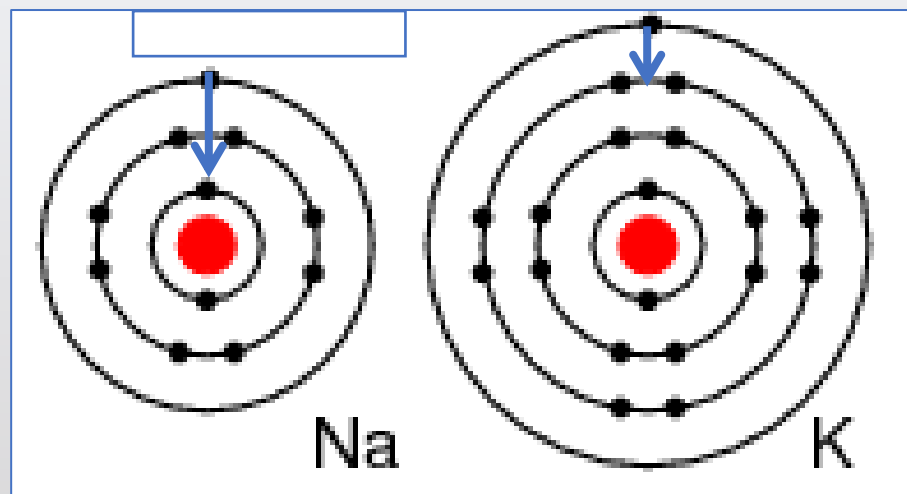
Ατομική ακτίνα σε ομάδα

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

Καθώς προχωράμε προς τα κάτω:

- προστίθενται στιβάδες στο άτομο
- μεγαλώνει η απόσταση των ηλεκτρονίων εξωτερικής στιβάδας - πυρήνα,
- μειώνεται η έλξη των ηλεκτρονίων εξωτερικής στιβάδας - πυρήνα
- αυξάνεται η ατομική ακτίνα.

Ατομική ακτίνα σε ομάδα



στιβάδες 3
 $r = 1,86 \text{ \AA}$

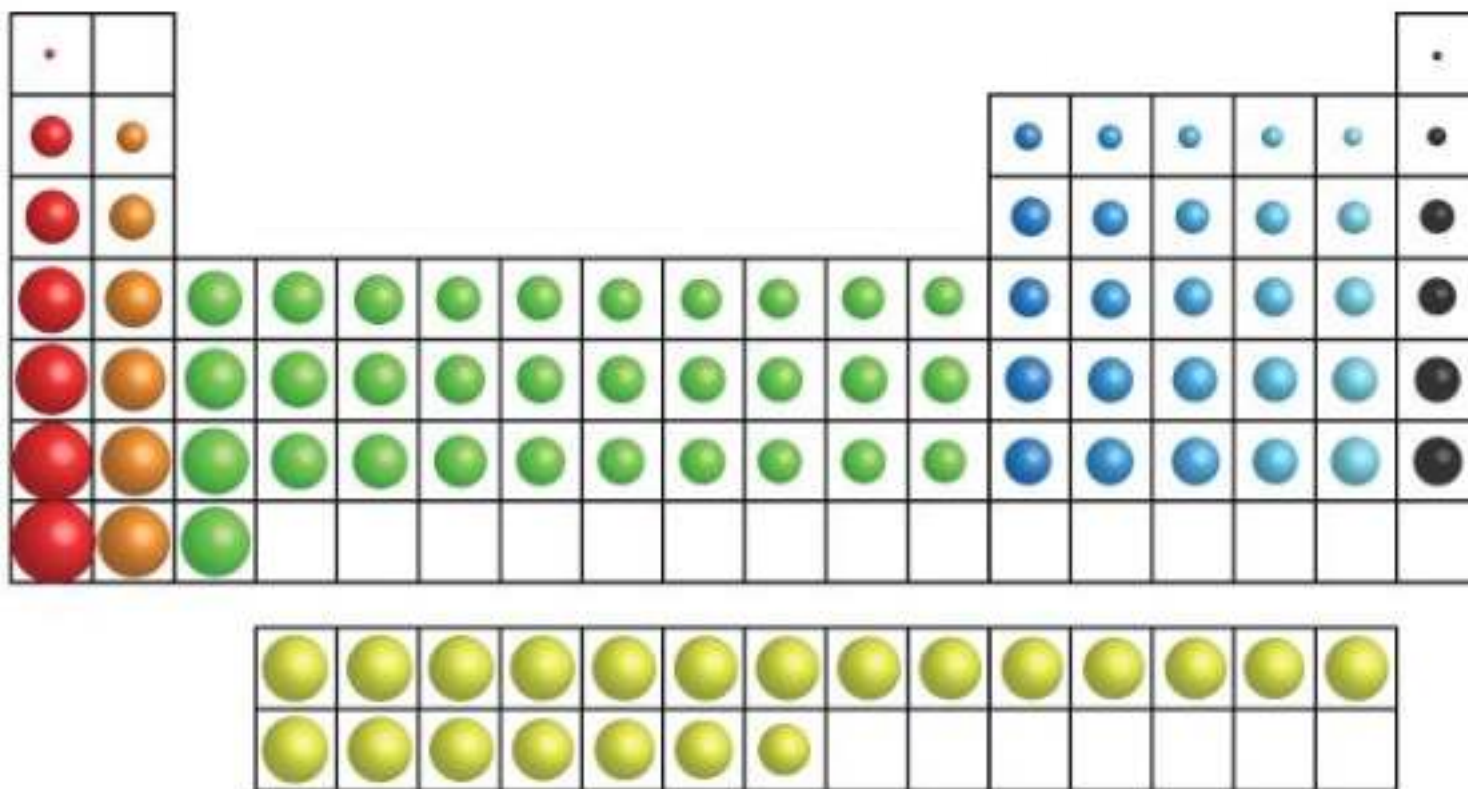
στιβάδες 4
 $r = 2,27 \text{ \AA}$

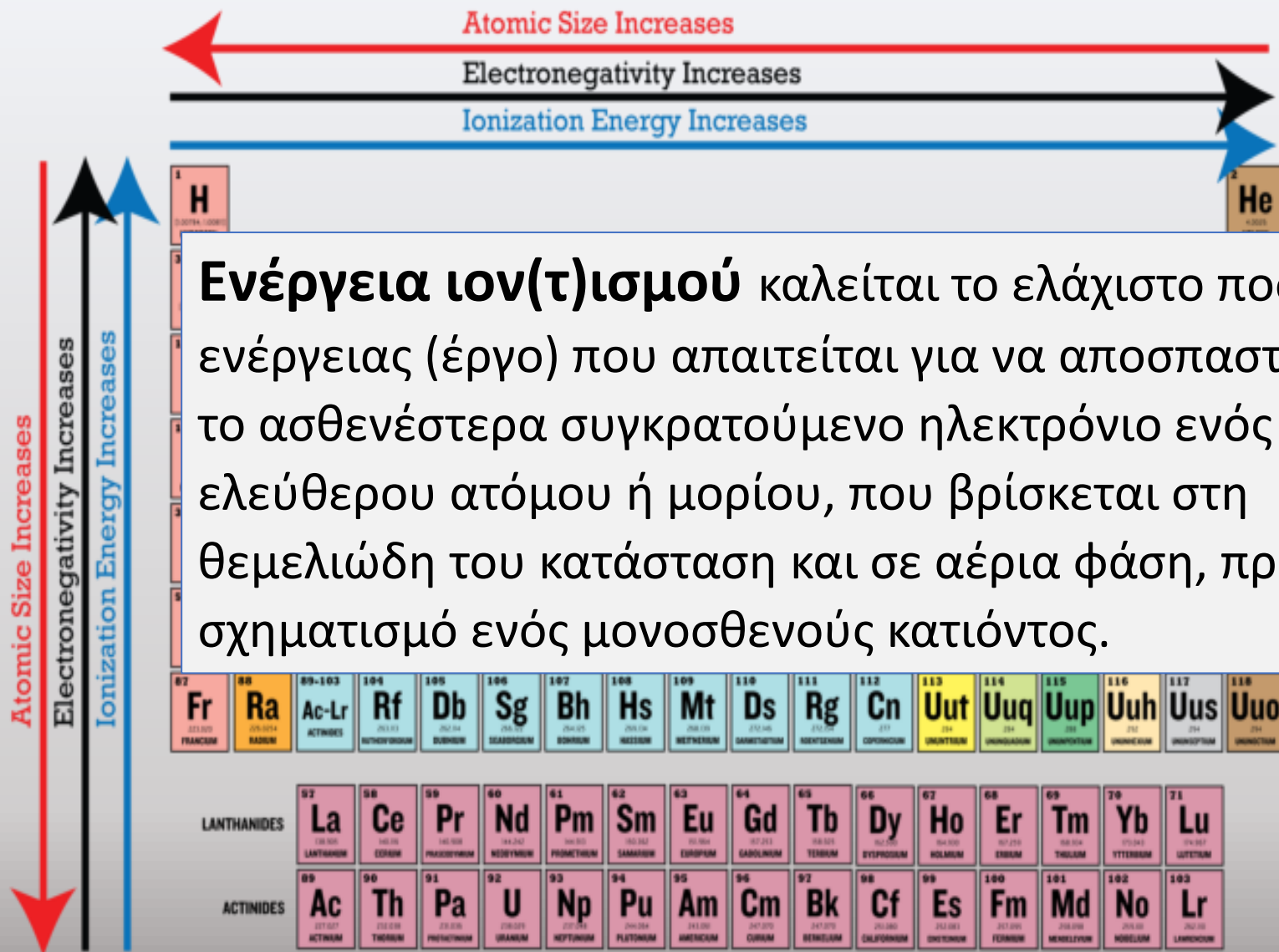
Μεγαλύτερη απόσταση
Μικρότερη έλξη
Μεγαλύτερη ακτίνα

Ατομική ακτίνα στον Π.Π.

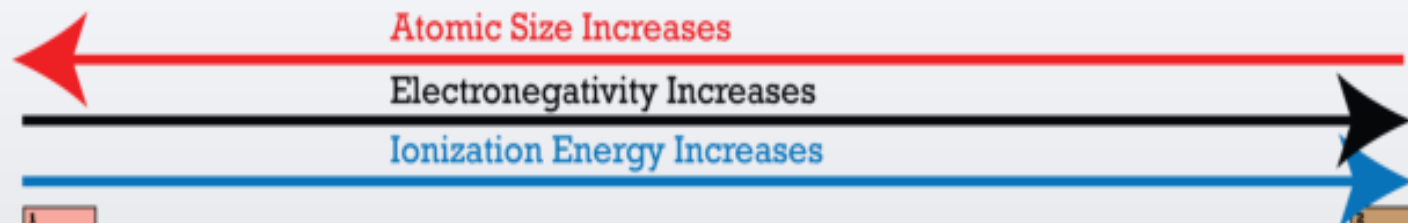
Αύξηση ατομικής ακτίνας

Αύξηση ατομικής ακτίνας

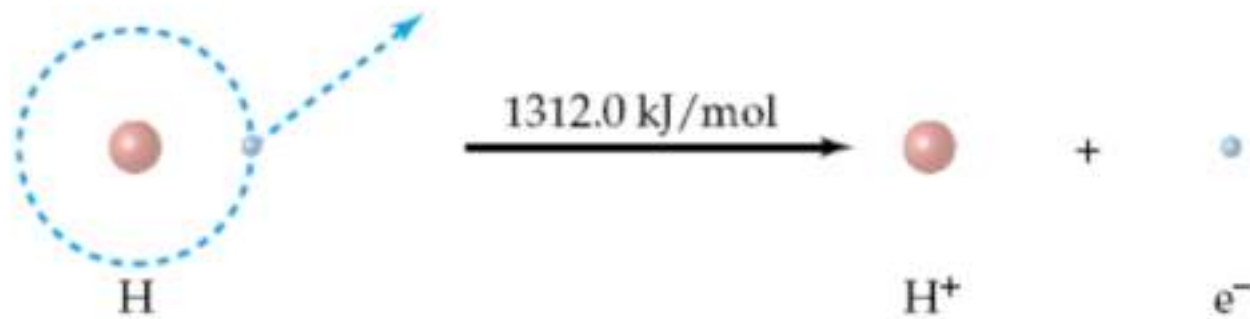




Ενέργεια ιον(τ)ισμού καλείται το ελάχιστο ποσό ενέργειας (έργο) που απαιτείται για να αποσπαστεί το ασθενέστερα συγκρατούμενο ηλεκτρόνιο ενός ελεύθερου ατόμου ή μορίου, που βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση και σε αέρια φάση, προς σχηματισμό ενός μονοσθενούς κατιόντος.



Η ποσότητα της ενέργειας που είναι απαραίτητη για την απόσπαση του ηλεκτρονίου με την υψηλότερη ενέργεια από ένα ουδέτερο άτομο στην αέρια φάση του ονομάζεται **ενέργεια ιοντισμού (E_i)**. Η τιμές της ενέργειας ιοντισμού είναι πάντα θετικές.

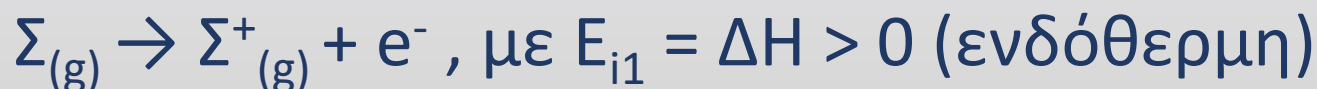


Οι μικρότερες τιμές E_i αντιστοιχούν στα στοιχεία της ομάδας 1A (αλκαλιμέταλλα) και οι μεγαλύτερες στα στοιχεία της ομάδας 8A (ευγενή αέρια).

ACTINIDES	LANTHANUM														CERUM	PRASEODYMIUM	NEODYMIUM	PROMETHIUM	SAMARIUM	EUROPIUM	GADOLINIUM	TERBIUM	DISPROSIUM	HOLMIUM	ERBIUM	THULIUM	YTERBIUM	LUTETIUM
	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103													
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr													
	227.027	232.038	231.036	238.029	237.043	244.064	243.061	247.070	247.070	247.070	252.083	257.105	289.101	289.101	289.101	262.109												
	ACTINIUM	THORIUM	PROTACTINIUM	URANIUM	NEPTUNIUM	PLUTONIUM	AMERICIUM	CURIUM	BERKELIUM	CALIFORNIUM	ENSTONIUM	FERMIUM	MENDELIUM	NOBELIUM	LAWRENCIUM													

Ενέργεια ιοντισμού

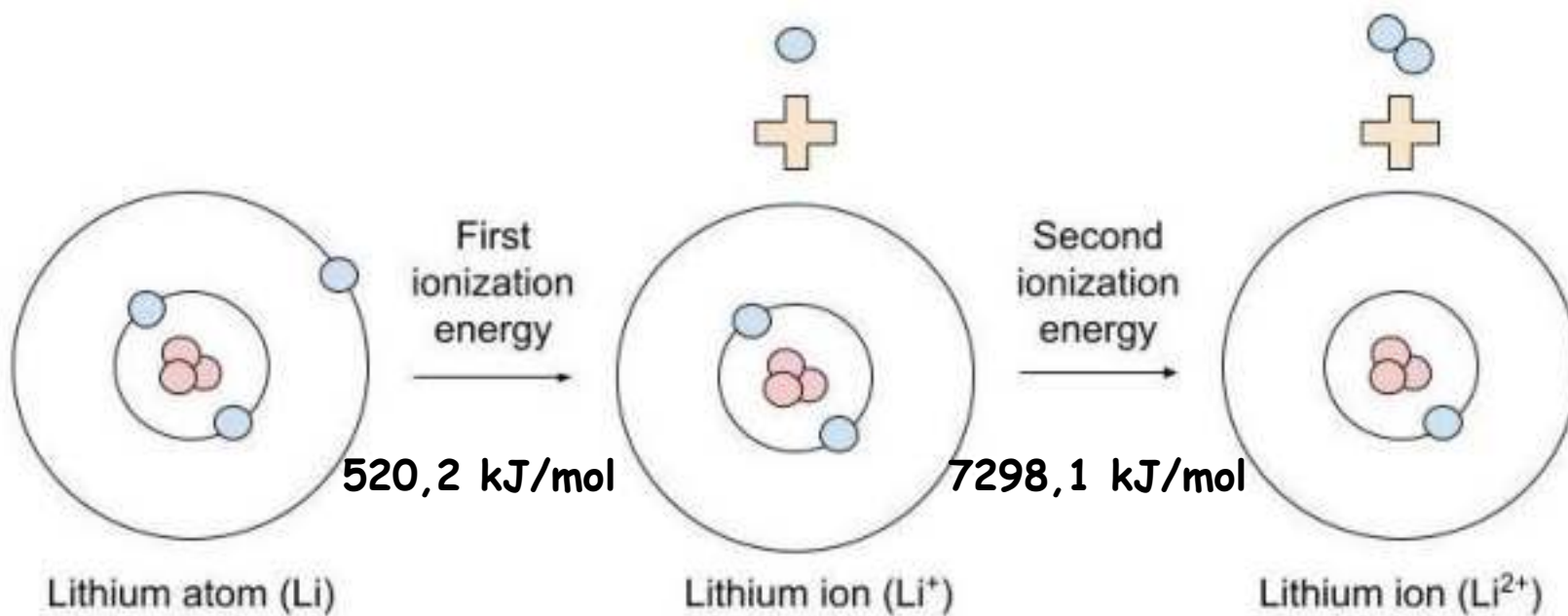
Ενέργεια πρώτου ιοντισμού (E_{i1}): Η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για την πλήρη απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από ελεύθερο άτομο, που βρίσκεται στη θεμελιώδη του κατάσταση και σε αέρια φάση.



Ανάλογα:



Ενέργεια ιοντισμού

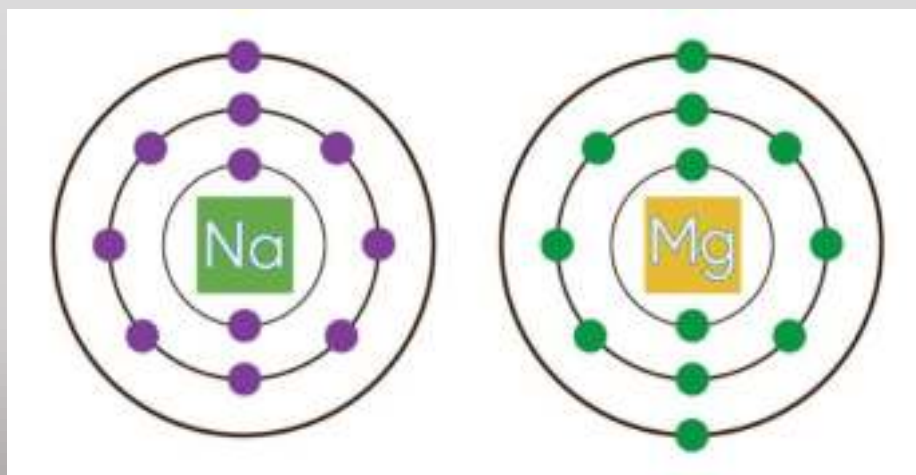


Ενέργεια ιοντισμού – παράγοντες

1. Η ατομική ακτίνα

Μεγαλύτερη ατομική ακτίνα → μεγαλύτερη απόσταση του πιο μακρινού ηλεκτρονίου → μικρότερη έλξη πυρήνα – ηλεκτρονίου → μικρότερη ενέργεια ιοντισμού.

$$r = 1,86 \text{ \AA}$$
$$E_{i1} = 496 \text{ kJ/mol}$$



$$r = 1,60 \text{ \AA}$$
$$E_{i1} = 738 \text{ kJ/mol}$$

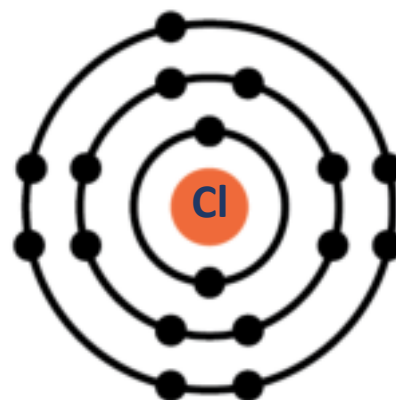
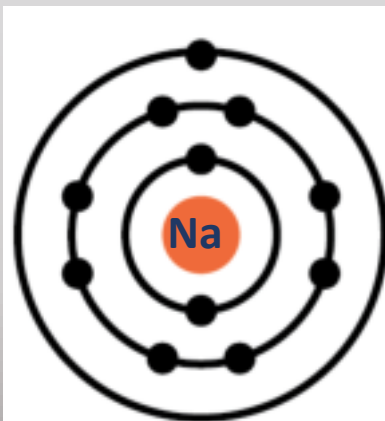
Ενέργεια ιοντισμού – παράγοντες

2. Το φορτίο του πυρήνα

Μεγαλύτερος είναι ο ατομικός αριθμός (Z) → μεγαλύτερο φορτίο του πυρήνα → μεγαλύτερη έλξη πυρήνα - ηλεκτρονίων → μεγαλύτερη ενέργεια ιοντισμού.

$$Z = 11$$

$$E_{i1} = 496 \text{ kJ/mol}$$



$$Z = 17$$

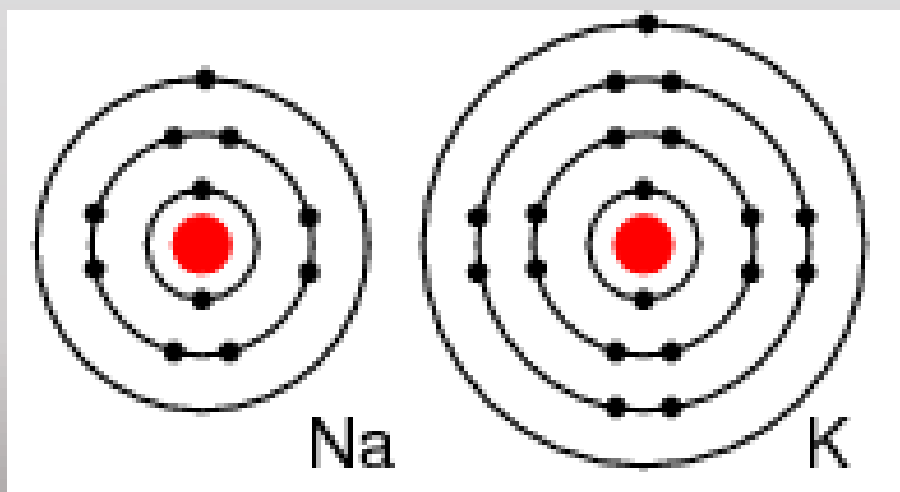
$$E_{i1} = 1251 \text{ kJ/mol}$$

Ενέργεια ιοντισμού – παράγοντες

3. Τα ενδιάμεσα ηλεκτρόνια

Περισσότερα ενδιάμεσα e $\rightarrow$ άπωση τελευταίου e $\rightarrow$ μικρότερη έλξη $\rightarrow$ μικρότερη ενέργεια ιοντισμού.

Ενδιάμεσα e : 10
 $E_{i1} = 496 \text{ kJ/mol}$

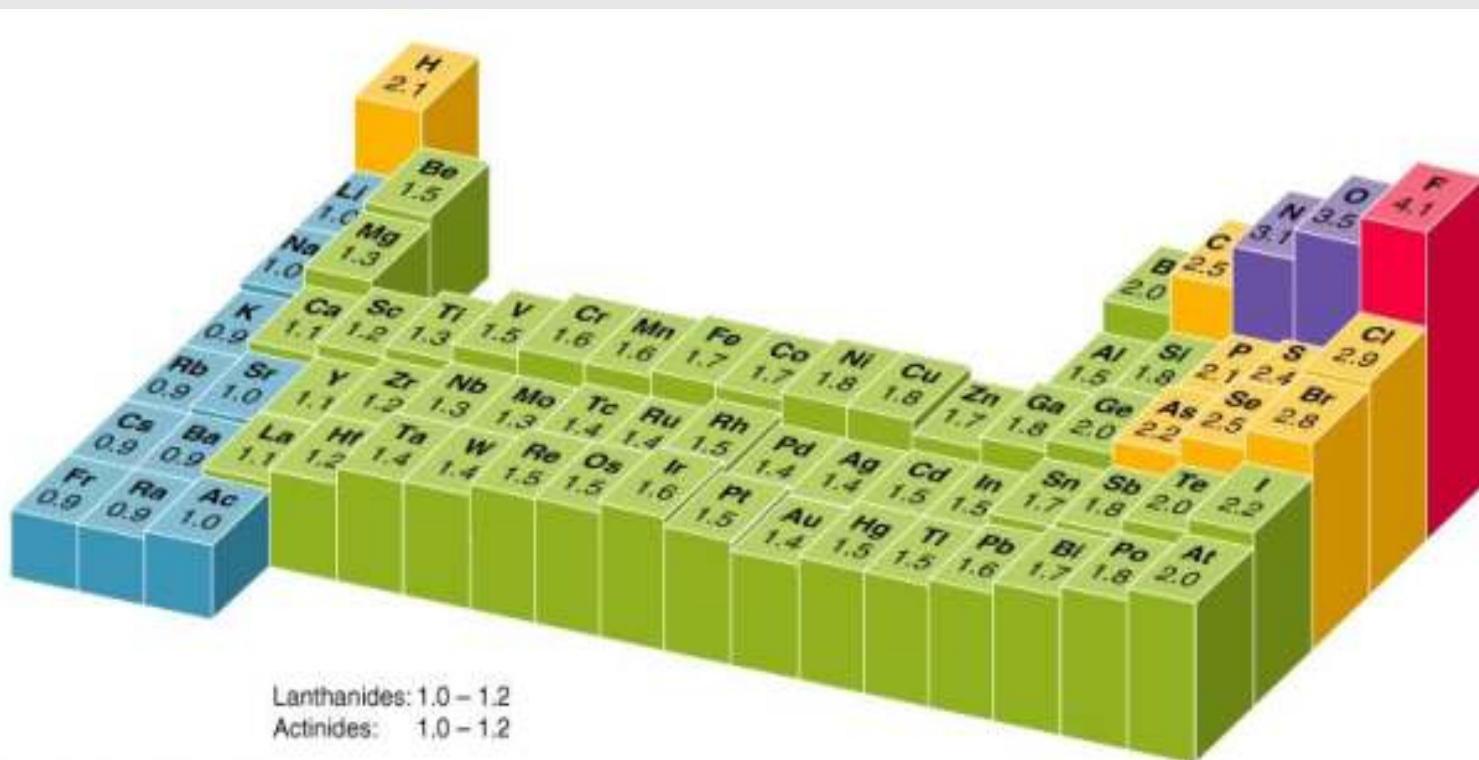


Ενδιάμεσα e : 18
 $E_{i1} = 419 \text{ kJ/mol}$

Ενέργεια ιοντισμού στον Π.Π.

Αύξηση ενέργειας ιοντισμού

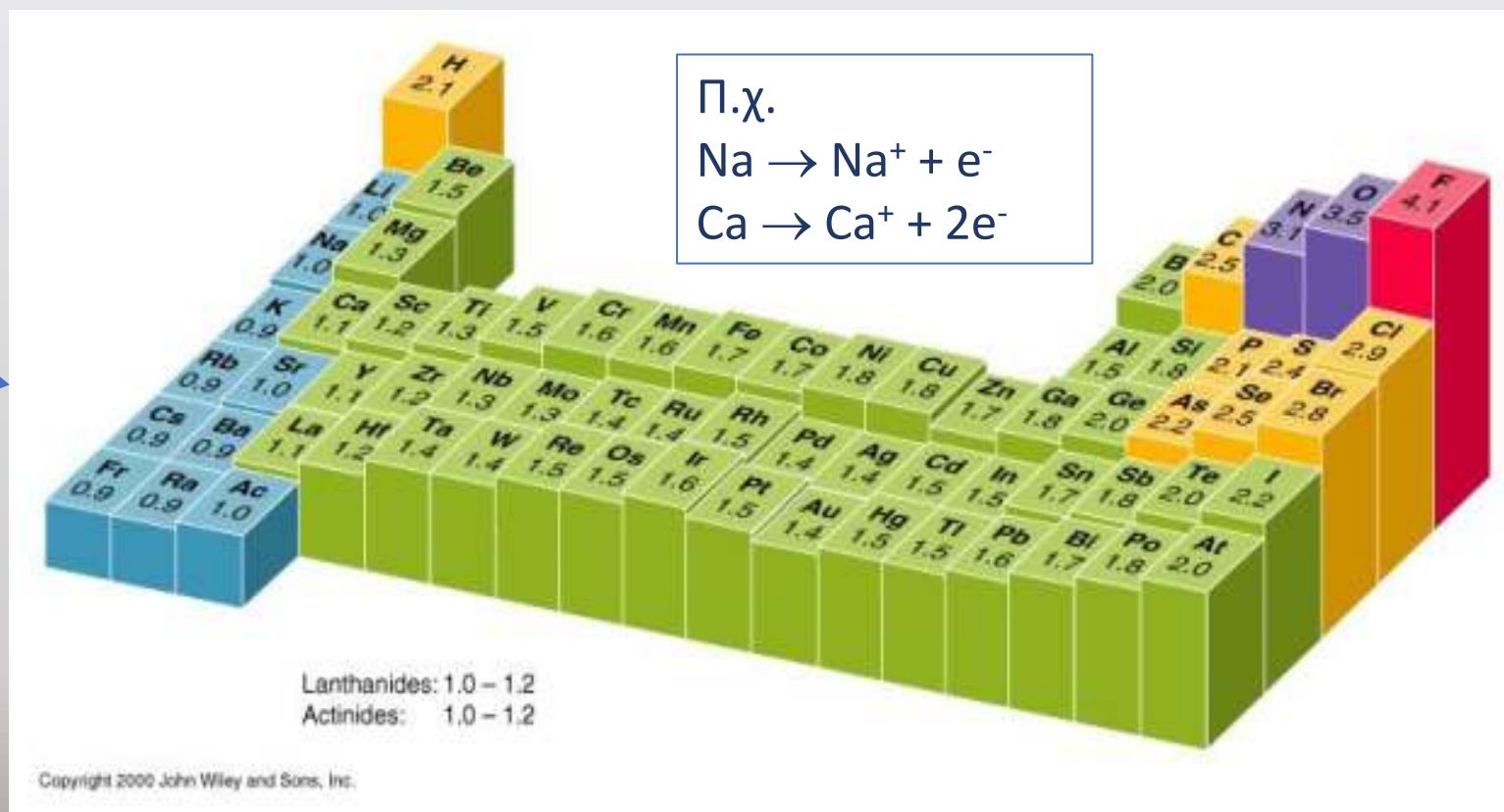
Αύξηση ενέργειας ιοντισμού

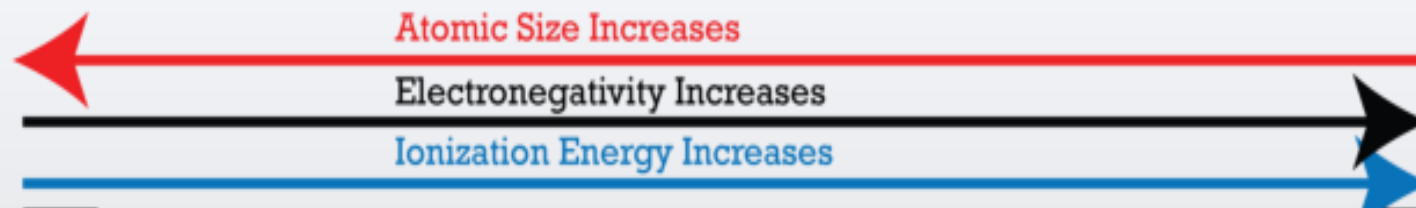


Copyright 2000 John Wiley and Sons, Inc.

Ενέργεια ιοντισμού στον Π.Π.

Τα μέταλλα έχουν σχετικά χαμηλές τιμές ενέργειας ιοντισμού με αποτέλεσμα εύκολα να αποβάλλουν ηλεκτρόνια και να μετατρέπονται σε θετικά ιόντα. Γι' αυτό χαρακτηρίζονται ως ηλεκτροθετικά στοιχεία.



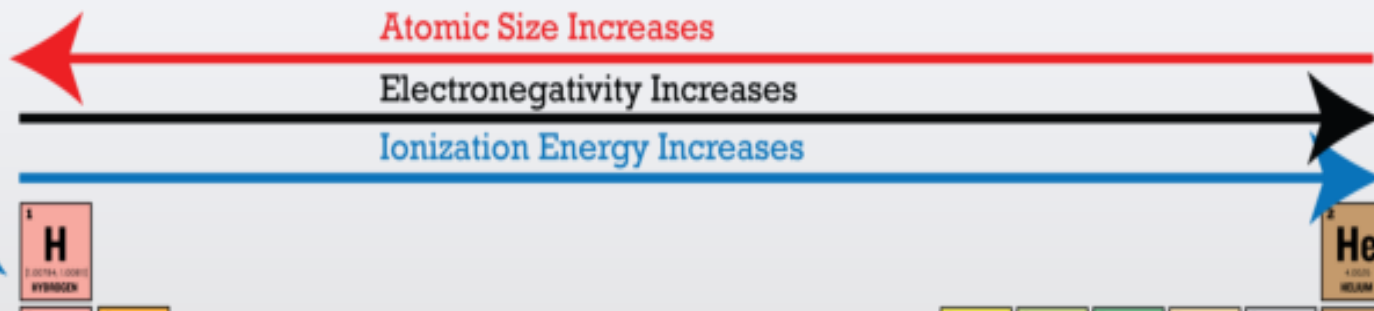


Η ηλεκτρονική συγγένεια (E_{ea}) ενός ατόμου είναι η μεταβολή της ενέργειας που συμβαίνει όταν ένα ηλεκτρόνιο προστίθεται σ' ένα άτομο στην αέρια φάση του. Η τιμές της ηλεκτρονικής συγγένειας είναι αρνητικές.

Όσο πιο αρνητική μια τιμή E_{ea} , τόσο μεγαλύτερη η τάση ενός ατόμου να δέχεται ηλεκτρόνια και τόσο μεγαλύτερη η σταθερότητα του προκύπτοντος ανιόντος.

Τα στοιχεία της ομάδας 7A έχουν τις πιο αρνητικές τιμές, που αντιστοιχούν σε μεγάλη έκλυση ενέργειας, ενώ τα στοιχεία των ομάδων 2A και 8A ηλεκτρονικές συγγένειες κοντά στο μηδέν ή θετικές (απορρόφηση ενέργειας).

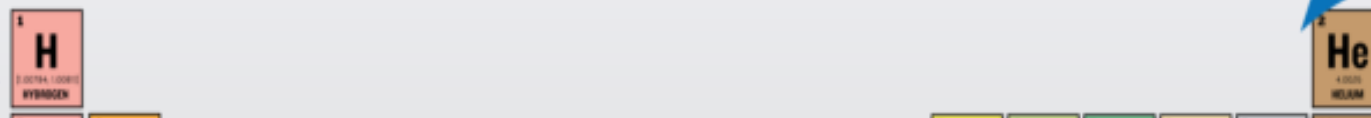
ACTINIDES	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
	87-88	90-91	91-92	92-93	94-95	96-97	98-99	100-101	102-103	104-105	106-107	108-109	110-111	112-113	114-115
	ACTINUM	THORIUM	PROTACTINIUM	URANIUM	NEPTUNIUM	PLUTONIUM	AMERICIUM	CURSIUM	BERKELIUM	CALIFORNIUM	EWINGIUM	FERMIUM	MENDELIUM	NOBELIUM	LAWRENCIUM



- **Ηλεκτραρνητικότητα** ενός στοιχείου ονομάζεται η τάση του ατόμου του στοιχείου να έλκει προς το μέρος του τα ηλεκτρόνια του δεσμού (ή των δεσμών) που σχηματίζει.
- Όσο μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα έχει ένα άτομο, τόσο μεγαλύτερη είναι η έλξη που ασκεί στα δεσμικά ηλεκτρόνια.

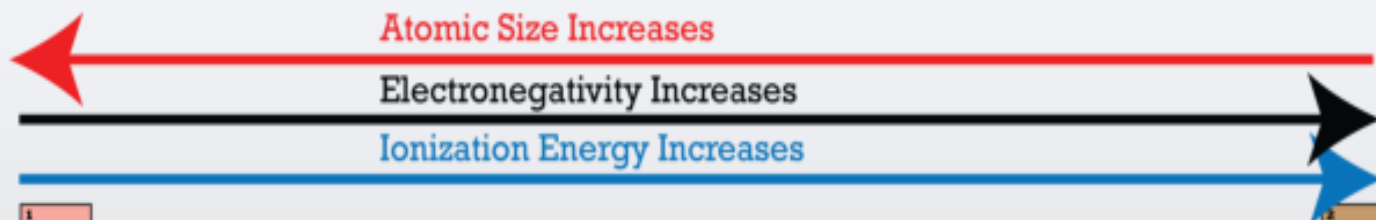
LANTHANIDES	57 La LANTHANUM	58 Ce CELIUM	59 Pr PRASEODYMIUM	60 Nd NEODYMIUM	61 Pm PROMETHIUM	62 Sm SAMARIUM	63 Eu EUROPIUM	64 Gd GADOLINIUM	65 Tb TERBIUM	66 Dy DYSPROSIUM	67 Ho HOLMIUM	68 Er ERBIUM	69 Tm THULIUM	70 Yb YTTERIUM	71 Lu LUTETIUM
ACTINIDES	89 Ac ACTINIUM	90 Th THORIUM	91 Pa PROACTINIUM	92 U URANIUM	93 Np NEPTUNIUM	94 Pu PLUTONIUM	95 Am AMERICIUM	96 Cm CURIUM	97 Bk BERKELIUM	98 Cf CALIFORNIUM	99 Es EINSTEINIUM	100 Fm FERMIUM	101 Md MEISENERIUM	102 No NOBELIUM	103 Lr LAWRENCIUM

Περιοδικός Πίνακας



- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|--|--|--|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|---|
| 83
Bi
83-009
BISMUTH | 84
Po
84-008
POLONIUM | 85
At
85-007
ASTATINE | 86
Rn
86-010
RADON | 87
Fr
87-001
FRANCIUM | 88
Ra
88-002
RADIUM | 89-103
Ac-Lr
ACTINIDES | 104
Rf
104-000
RUTHERFORDIUM | 105
Db
105-000
DUBNIUM | 106
Sg
106-000
SEABORGIUM | 107
Bh
107-000
BOHRHIUM | 108
Hs
108-000
HASSIUM | 109
Mt
109-000
MEITNERIUM | 110
Ds
110-000
DARMSTADTIUM | 111
Rg
111-000
ROSGOLDIUM | 112
Cn
112-000
COCHINCHINUM | 113
Uut
113-000
UNUNTRIUM | 114
Uuq
114-000
UNUNQUADIUM | 115
Uup
115-000
UNUNPENTIUM | 116
Uuh
116-000
UNUNHEXADIUM | 117
Uus
117-000
UNUNSEPTIUM | 118
Uuo
118-000
UNUNOCTADIUM |
|---|--|--|---|--|--|--|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|---|

Ιωάννης Καρτσωνάκης– ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ--ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ



- Υπάρχουν διάφοροι τρόποι προσδιορισμού της, με πιο γνωστό αυτόν του Linus Pauling, οι οποίοι, ωστόσο, καταλήγουν σε τιμές που δε συμπίπτουν πάντοτε μεταξύ τους.
- Γενικά, πάντως, στον Περιοδικό Πίνακα, η ηλεκτραρνητικότητα των στοιχείων αυξάνεται από αριστερά προς τα δεξιά και από κάτω προς τα επάνω.
- Τα μέταλλα έχουν μικρές τιμές ηλεκτραρνητικότητας (0,7-2), ενώ τα αμέταλλα έχουν σαφώς μεγαλύτερες τιμές (2-4).
- Το φθόριο και το οξυγόνο είναι τα πιο ηλεκτραρνητικά στοιχεία.

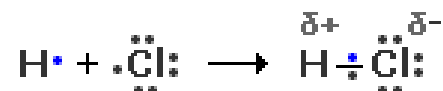
Ηλεκτραρνητικότητα και χημικοί δεσμοί

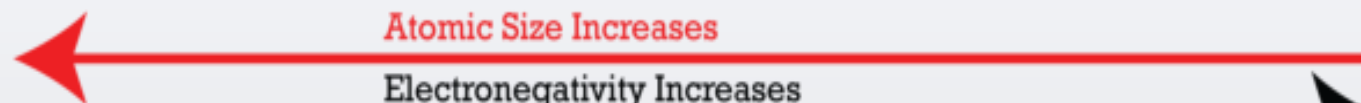
Όταν τα άτομα ενώνονται μεταξύ τους, «ανταγωνίζονται» για τα ηλεκτρόνια των δεσμών που σχηματίζουν. Το άτομο με την μεγαλύτερη ηλεκτραρνητικότητα έλκει περισσότερο προς το μέρος του τα δεσμικά ηλεκτρόνια από το άτομο με τη χαμηλότερη ηλεκτραρνητικότητα. Ο βαθμός μετατόπισης των δεσμικών ηλεκτρονίων προς το πιο ηλεκτραρνητικό άτομο εξαρτάται από τη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας ανάμεσα στα δύο άτομα.

Όταν η διαφορά αυτή είναι σημαντική ($>1,7$), όπως συμβαίνει σε πολλές περιπτώσεις ένωσης ενός μετάλλου με ένα αμέταλλο, η μετατόπιση αυτή είναι πλήρης. Το μέταλλο χάνει τα ηλεκτρόνια σθένους, τα οποία προσλαμβάνει το αμέταλλο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ιόντων και, κατά συνέπεια, ιοντικών (κρυσταλλικών) στερεών ενώσεων, π.χ.:



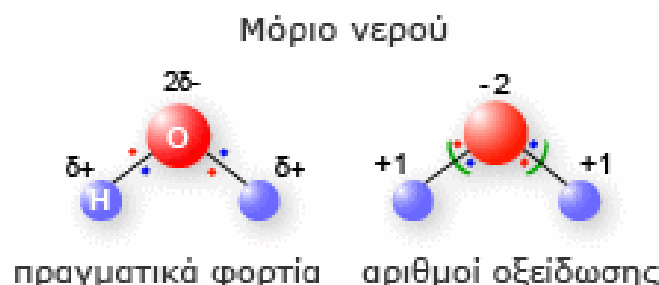
Μικρότερες, όμως, διαφορές ηλεκτραρνητικότητας, όπως π.χ. όταν ενώνονται δύο αμέταλλα, δεν οδηγούν σε απώλεια και πρόσληψη ηλεκτρονίων, αλλά μόνο σε μερική μετατόπιση του κοινού ή των κοινών ζευγών ηλεκτρονίων προς το πιο ηλεκτραρνητικό άτομο. Έτσι, δημιουργείται μια ασύμμετρη κατανομή φορτίου ανάμεσα στα άτομα, με αποτέλεσμα την εμφάνιση μερικού αρνητικού φορτίου στο πιο ηλεκτραρνητικό από αυτά και ισοδύναμου θετικού φορτίου στο λιγότερο ηλεκτραρνητικό και συνέπεια την πόλωση του ομοιοπολικού δεσμού, π.χ.:



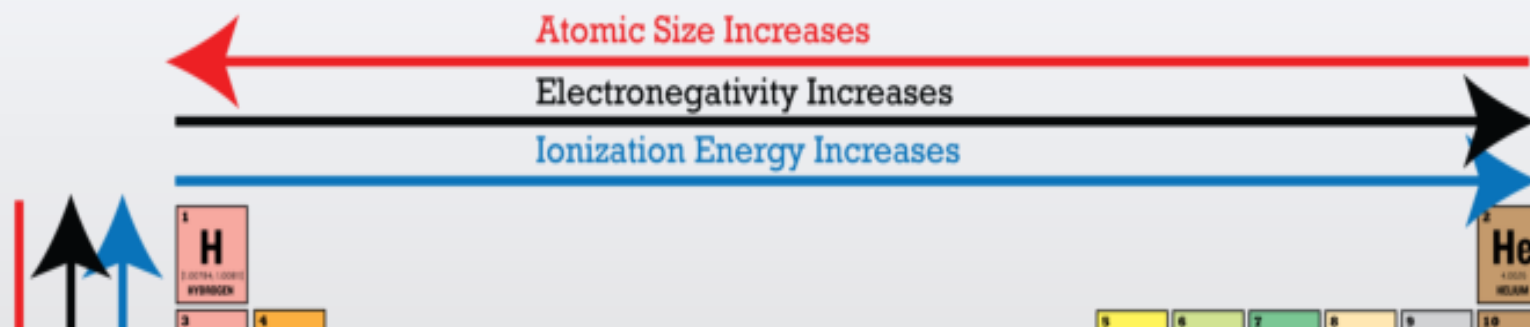


Ηλεκτραρνητικότητα και αριθμός οξείδωσης

Η οξειδωτική κατάσταση ή αλλιώς αριθμός οξείδωσης του ατόμου ενός στοιχείου σε ένα σωματίδιο (μόριο ή ιόν) αναφέρεται σε ένα ηλεκτρικό φορτίο. Το φορτίο αυτό συμπίπτει με το πραγματικό φορτίο του ατόμου μόνο στην περίπτωση των μονοατομικών ιόντων (Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , κ.λ.π.) που συμμετέχουν σε έναν ιοντικό δεσμό. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, ο αριθμός οξείδωσης δεν είναι παρά ένα καθαρά υποθετικό φορτίο, το οποίο αποδίδεται στο άτομο θεωρώντας όλους τους δεσμούς σαν ιοντικούς. Με άλλα λόγια, το φορτίο που θα είχε το άτομο, αν τα ηλεκτρόνια από κάθε δεσμό, στον οποίο συμμετέχει, αποδίδονταν εξ ολοκλήρου στο πιο ηλεκτραρνητικό άτομο, π.χ.:



LANTHANIDES ACTINIDES	57 La LANTHANUM	58 Ce CERAM	59 Pr PRASEODYMIUM	60 Nd NEODYMIUM	61 Pm PROMETHIUM	62 Sm SAMARIUM	63 Eu EUROPEUM	64 Gd GADOLINIUM	65 Tb TERBIUM	66 Dy DYSPROSIUM	67 Ho HOLMIUM	68 Er ERBIUM	69 Tm THULIUM	70 Yb YTTERIUM	71 Lu LUTETIUM
	89 Ac ACTINIUM	90 Th THORIUM	91 Pa PROTACTINIUM	92 U URANIUM	93 Np NEPTUNIUM	94 Pu PLUTONIUM	95 Am AMERICIUM	96 Cm CURIUM	97 Bk BERKELIUM	98 Cf CALIFORNIUM	99 Es EINSTEINIUM	100 Fm FERMIUM	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium



Σύμφωνα με τα παραπάνω, για να βρούμε τους αριθμούς οξείδωσης των διαφόρων στοιχείων πρέπει να γνωρίζουμε τόσο την τιμή ηλεκτραρνητικότητας όσο και την ηλεκτρονιακή τους δομή. Έτσι, για να βρούμε τον αριθμό οξείδωσης ενός στοιχείου σε μία ομοιοπολική ένωση ή ένα πολυατομικό ιόν, θα έπρεπε:

1. να γράψουμε τον ηλεκτρονιακό τύπο κατά Lewis της ένωσης ή του ιόντος
2. χρησιμοποιώντας έναν πίνακα με τις τιμές ηλεκτραρνητικότητας των στοιχείων, να αποδώσουμε τα ηλεκτρόνια του κοινού ζεύγους ή των κοινών ζευγών στο πιο ηλεκτραρνητικό άτομο και
3. με βάση την κατανομή αυτή των δεσμικών ηλεκτρονίων, να υπολογίσουμε το (υποθετικό) φορτίο του ατόμου στην ένωση ή το ιόν και, κατά συνέπεια, τον αριθμό οξείδωσης του στοιχείου, π.χ.:

LANTHANIDES	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
ACTINIDES	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr



ACTINIDES	AC	TH	PA	U	NP	PU	AM	CM	BK	CF	ES	FM	MO	NO	LT
	227.027	232.038	231.036	238.029	237.048	244.064	243.061	247.070	247.070	251.082	252.083	257.103	258.105	259.108	262.105
	ACTINIUM	THORIUM	PROTACTINIUM	URANIUM	NEPTUNIUM	PLUTONIUM	AMERICIUM	CURCIUM	BERKELIUM	CALIFORNIUM	EBURCHIUM	FERMIDIUM	MOSCOVIUM	NOBELIUM	LORENTZIUM

Κατάταξη των στοιχείων κατά ατομικό αριθμό

Περιοδικός Πίνακας

1 H hydrogen (1.008, 1.008) 3 Li lithium (6.94, 6.94) 11 Na sodium (22.99) 19 K potassium (39.1) 27 Co cobalt (58.93) 35 Br bromine (79.9) 43 Tc technetium (98.9) 51 Sb antimony (121.8) 59 Pr praseodymium (140.9) 67 Ho holmium (164.9) 75 Re rhenium (186.2) 83 Bi bismuth (209) 91 Pa protactinium (231) 99 Ac actinium (227) 2 He helium (4.004) 4 Be beryllium (9.012) 12 Mg magnesium (24.3) 20 Ca calcium (40.08) 28 Ni nickel (58.69) 36 Kr krypton (83.8) 44 Ru ruthenium (101.07) 52 Te tellurium (127.6) 60 Nd neodymium (144.24) 68 Er erbium (167.26) 76 Os osmium (190.23) 84 Po polonium (209) 92 Th thorium (232) 100 Fm fermium (257) Key: atomic number Symbol name combined atomic weight standard atomic weight <table><tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td></tr><tr><td>5 B boron (10.81, 10.81)</td><td>6 C carbon (12.01, 12.01)</td><td>7 N nitrogen (14.01, 14.01)</td><td>8 O oxygen (16.00, 16.00)</td><td>9 F fluorine (18.99)</td><td>10 Ne neon (20.18)</td></tr><tr><td>13 Al aluminium (26.98)</td><td>14 Si silicon (28.09)</td><td>15 P phosphorus (30.97)</td><td>16 S sulfur (32.07)</td><td>17 Cl chlorine (35.45)</td><td>18 Ar argon (39.95)</td></tr><tr><td>19 K potassium (39.1)</td><td>20 Ca calcium (40.08)</td><td>21 Sc scandium (44.96)</td><td>22 Ti titanium (47.88)</td><td>23 V vanadium (50.94)</td><td>24 Cr chromium (52.00)</td></tr><tr><td>25 Mn manganese (54.94)</td><td>26 Fe iron (55.85)</td><td>27 Co cobalt (58.93)</td><td>28 Ni nickel (58.69)</td><td>29 Cu copper (63.55)</td><td>30 Zn zinc (65.38)</td></tr><tr><td>31 Ga gallium (69.72)</td><td>32 Ge germanium (72.64)</td><td>33 As arsenic (74.92)</td><td>34 Se selenium (78.96)</td><td>35 Br bromine (79.90)</td><td>36 Kr krypton (83.80)</td></tr><tr><td>37 Rb rubidium (85.47)</td><td>38 Sr strontium (87.62)</td><td>39 Y yttrium (88.91)</td><td>40 Zr zirconium (91.22)</td><td>41 Nb niobium (92.91)</td><td>42 Mo molybdenum (95.94)</td></tr><tr><td>43 Tc technetium (98.9)</td><td>44 Ru ruthenium (101.07)</td><td>45 Rh rhodium (102.91)</td><td>46 Pd palladium (106.42)</td><td>47 Ag silver (107.87)</td><td>48 Cd cadmium (112.41)</td></tr><tr><td>49 In indium (114.82)</td><td>50 Sn tin (118.71)</td><td>51 Sb antimony (121.76)</td><td>52 Te tellurium (127.60)</td><td>53 I iodine (126.91)</td><td>54 Xe xenon (131.29)</td></tr><tr><td>55 Cs caesium (132.91)</td><td>56 Ba barium (137.33)</td><td>57-71 lanthanoids (40-100)</td><td>72 Hf hafnium (178.49)</td><td>73 Ta tantalum (180.95)</td><td>74 W tungsten (183.84)</td></tr><tr><td>75 Re rhenium (186.21)</td><td>76 Os osmium (190.23)</td><td>77 Ir iridium (192.22)</td><td>78 Pt platinum (195.08)</td><td>79 Au gold (196.97)</td><td>80 Hg mercury (200.59)</td></tr><tr><td>81 Tl thallium (204.38, 204.38)</td><td>82 Pb lead (207.2)</td><td>83 Bi bismuth (208.98)</td><td>84 Po polonium (209)</td><td>85 At astatine (210)</td><td>86 Rn radon (222)</td></tr><tr><td>87 Fr francium (223)</td><td>88 Ra radium (226)</td><td>89-103 actinoids (40-100)</td><td>104 Rf rutherfordium (261)</td><td>105 Db dubnium (262)</td><td>106 Sg seaborgium (266)</td></tr><tr><td>107 Bh bohrium (264)</td><td>108 Hs hassium (277)</td><td>109 Mt meitnerium (268)</td><td>110 Ds darmstadtium (271)</td><td>111 Rg roentgenium (272)</td><td>112 Cn copernicium (285)</td></tr><tr><td>113 Nh nihonium (284)</td><td>114 Fl flerovium (289)</td><td>115 Mc moscovium (288)</td><td>116 Lv livermorium (293)</td><td>117 Ts tennessine (294)</td><td>118 Og oganesson (294)</td></tr></table>																		13	14	15	16	17	18	5 B boron (10.81, 10.81)	6 C carbon (12.01, 12.01)	7 N nitrogen (14.01, 14.01)	8 O oxygen (16.00, 16.00)	9 F fluorine (18.99)	10 Ne neon (20.18)	13 Al aluminium (26.98)	14 Si silicon (28.09)	15 P phosphorus (30.97)	16 S sulfur (32.07)	17 Cl chlorine (35.45)	18 Ar argon (39.95)	19 K potassium (39.1)	20 Ca calcium (40.08)	21 Sc scandium (44.96)	22 Ti titanium (47.88)	23 V vanadium (50.94)	24 Cr chromium (52.00)	25 Mn manganese (54.94)	26 Fe iron (55.85)	27 Co cobalt (58.93)	28 Ni nickel (58.69)	29 Cu copper (63.55)	30 Zn zinc (65.38)	31 Ga gallium (69.72)	32 Ge germanium (72.64)	33 As arsenic (74.92)	34 Se selenium (78.96)	35 Br bromine (79.90)	36 Kr krypton (83.80)	37 Rb rubidium (85.47)	38 Sr strontium (87.62)	39 Y yttrium (88.91)	40 Zr zirconium (91.22)	41 Nb niobium (92.91)	42 Mo molybdenum (95.94)	43 Tc technetium (98.9)	44 Ru ruthenium (101.07)	45 Rh rhodium (102.91)	46 Pd palladium (106.42)	47 Ag silver (107.87)	48 Cd cadmium (112.41)	49 In indium (114.82)	50 Sn tin (118.71)	51 Sb antimony (121.76)	52 Te tellurium (127.60)	53 I iodine (126.91)	54 Xe xenon (131.29)	55 Cs caesium (132.91)	56 Ba barium (137.33)	57-71 lanthanoids (40-100)	72 Hf hafnium (178.49)	73 Ta tantalum (180.95)	74 W tungsten (183.84)	75 Re rhenium (186.21)	76 Os osmium (190.23)	77 Ir iridium (192.22)	78 Pt platinum (195.08)	79 Au gold (196.97)	80 Hg mercury (200.59)	81 Tl thallium (204.38, 204.38)	82 Pb lead (207.2)	83 Bi bismuth (208.98)	84 Po polonium (209)	85 At astatine (210)	86 Rn radon (222)	87 Fr francium (223)	88 Ra radium (226)	89-103 actinoids (40-100)	104 Rf rutherfordium (261)	105 Db dubnium (262)	106 Sg seaborgium (266)	107 Bh bohrium (264)	108 Hs hassium (277)	109 Mt meitnerium (268)	110 Ds darmstadtium (271)	111 Rg roentgenium (272)	112 Cn copernicium (285)	113 Nh nihonium (284)	114 Fl flerovium (289)	115 Mc moscovium (288)	116 Lv livermorium (293)	117 Ts tennessine (294)	118 Og oganesson (294)
13	14	15	16	17	18																																																																																																						
5 B boron (10.81, 10.81)	6 C carbon (12.01, 12.01)	7 N nitrogen (14.01, 14.01)	8 O oxygen (16.00, 16.00)	9 F fluorine (18.99)	10 Ne neon (20.18)																																																																																																						
13 Al aluminium (26.98)	14 Si silicon (28.09)	15 P phosphorus (30.97)	16 S sulfur (32.07)	17 Cl chlorine (35.45)	18 Ar argon (39.95)																																																																																																						
19 K potassium (39.1)	20 Ca calcium (40.08)	21 Sc scandium (44.96)	22 Ti titanium (47.88)	23 V vanadium (50.94)	24 Cr chromium (52.00)																																																																																																						
25 Mn manganese (54.94)	26 Fe iron (55.85)	27 Co cobalt (58.93)	28 Ni nickel (58.69)	29 Cu copper (63.55)	30 Zn zinc (65.38)																																																																																																						
31 Ga gallium (69.72)	32 Ge germanium (72.64)	33 As arsenic (74.92)	34 Se selenium (78.96)	35 Br bromine (79.90)	36 Kr krypton (83.80)																																																																																																						
37 Rb rubidium (85.47)	38 Sr strontium (87.62)	39 Y yttrium (88.91)	40 Zr zirconium (91.22)	41 Nb niobium (92.91)	42 Mo molybdenum (95.94)																																																																																																						
43 Tc technetium (98.9)	44 Ru ruthenium (101.07)	45 Rh rhodium (102.91)	46 Pd palladium (106.42)	47 Ag silver (107.87)	48 Cd cadmium (112.41)																																																																																																						
49 In indium (114.82)	50 Sn tin (118.71)	51 Sb antimony (121.76)	52 Te tellurium (127.60)	53 I iodine (126.91)	54 Xe xenon (131.29)																																																																																																						
55 Cs caesium (132.91)	56 Ba barium (137.33)	57-71 lanthanoids (40-100)	72 Hf hafnium (178.49)	73 Ta tantalum (180.95)	74 W tungsten (183.84)																																																																																																						
75 Re rhenium (186.21)	76 Os osmium (190.23)	77 Ir iridium (192.22)	78 Pt platinum (195.08)	79 Au gold (196.97)	80 Hg mercury (200.59)																																																																																																						
81 Tl thallium (204.38, 204.38)	82 Pb lead (207.2)	83 Bi bismuth (208.98)	84 Po polonium (209)	85 At astatine (210)	86 Rn radon (222)																																																																																																						
87 Fr francium (223)	88 Ra radium (226)	89-103 actinoids (40-100)	104 Rf rutherfordium (261)	105 Db dubnium (262)	106 Sg seaborgium (266)																																																																																																						
107 Bh bohrium (264)	108 Hs hassium (277)	109 Mt meitnerium (268)	110 Ds darmstadtium (271)	111 Rg roentgenium (272)	112 Cn copernicium (285)																																																																																																						
113 Nh nihonium (284)	114 Fl flerovium (289)	115 Mc moscovium (288)	116 Lv livermorium (293)	117 Ts tennessine (294)	118 Og oganesson (294)																																																																																																						



For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



7 οριζόντιες γραμμές: Περίοδοι

1 H (1.008, 1.008)	2 He (4.0026, 4.0026)
3 Li (6.941, 6.941)	4 Be (9.0122, 9.0122)
11 Na (22.990, 22.990)	12 Mg (24.304, 24.304)
19 K (39.098, 39.098)	20 Ca (40.078, 40.078)
37 Rb (85.468, 85.468)	38 Sr (87.62, 87.62)
55 Cs (132.91, 132.91)	56 Ba (137.33, 137.33)
87 Fr (223.02, 223.02)	88 Ra (226.025, 226.025)

2 χημικά στοιχεία
8 χημικά στοιχεία
8 χημικά στοιχεία
18 χημικά στοιχεία
18 χημικά στοιχεία
32 χημικά στοιχεία
32 χημικά στοιχεία

14 C (12.011, 12.011)	15 N (14.007, 14.007)	16 O (15.999, 15.999)	17 F (18.998, 18.998)	18 Ne (20.180, 20.180)
32 Ge (72.64, 72.64)	33 As (74.922, 74.922)	34 Se (78.96, 78.96)	35 Br (79.904, 79.904)	36 Kr (83.798, 83.798)
50 Sn (118.71, 118.71)	51 Sb (121.76, 121.76)	52 Te (127.60, 127.60)	53 I (126.905, 126.905)	54 Xe (131.29, 131.29)
82 Pb (207.2, 207.2)	83 Bi (208.98, 208.98)	84 Po (209, 209)	85 At (210, 210)	86 Rn (222, 222)
114 Fl (289, 289)	115 Mc (288, 288)	116 Lv (293, 293)	117 Ts (294, 294)	118 Og (294, 294)



57 La (138.91, 138.91)	58 Ce (140.12, 140.12)	59 Pr (140.91, 140.91)	60 Nd (144.24, 144.24)	61 Pm (144.91, 144.91)	62 Sm (150.36, 150.36)	63 Eu (151.96, 151.96)	64 Gd (157.25, 157.25)	65 Tb (158.93, 158.93)	66 Dy (162.50, 162.50)	67 Ho (164.93, 164.93)	68 Er (167.26, 167.26)	69 Tm (168.93, 168.93)	70 Yb (173.05, 173.05)	71 Lu (174.967, 174.967)
89 Ac (227.03, 227.03)	90 Th (232.04, 232.04)	91 Pa (231.04, 231.04)	92 U (238.03, 238.03)	93 Np (237.05, 237.05)	94 Pu (244.06, 244.06)	95 Am (243.06, 243.06)	96 Cm (247.07, 247.07)	97 Bk (247.07, 247.07)	98 Cf (251.08, 251.08)	99 Es (252.08, 252.08)	100 Fm (257.10, 257.10)	101 Md (258.10, 258.10)	102 No (259.10, 259.10)	103 Lr (262.10, 262.10)

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



18 κατακόρυφες στήλες: Ομάδες

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H hydrogen (1.008)(1.00794)	He helium (4.002602)																He helium (4.002602)
Li lithium (6.941)	Be beryllium (9.012182)																Ne neon (20.1797)
Na sodium (22.98976928)	Mg magnesium (24.304094)																Ar argon (39.948)
K potassium (39.0983)	Ca calcium (40.078)	Sc scandium (44.955912)	Ti titanium (47.88)	V vanadium (50.9415)	Cr chromium (51.9961)	Mn manganese (54.938045)	Fe iron (55.845)	Co cobalt (58.933195)	Ni nickel (58.6934)	Cu copper (63.546)	Zn zinc (65.38)	Ga gallium (69.723)	Ge germanium (72.630)	As arsenic (74.9216)	Se selenium (78.96)	Br bromine (79.904)	Kr krypton (83.798)
Rb rubidium (85.4678)	Sr strontium (87.62)	Y yttrium (88.90584)	Zr zirconium (91.224)	Nb niobium (92.90638)	Mo molybdenum (95.94)	Tc technetium (98)	Ru ruthenium (101.07)	Rh rhodium (102.9055)	Pd palladium (106.90558)	Ag silver (107.8682)	Cd cadmium (112.411)	In indium (114.818)	Sn tin (118.710)	Sb antimony (121.757)	Te tellurium (127.6)	I iodine (126.90547)	Xe xenon (131.29)
Cs cesium (132.90545196)	Ba barium (137.327)	La lanthanum (138.90547)	Hf hafnium (178.49)	Ta tantalum (180.94788)	V vanadium (180.94788)	Fe iron (180.94788)	Os osmium (190.23)	Ir iridium (192.222)	Pt platinum (195.083)	Au gold (196.966569)	Hg mercury (200.59)	Tl thallium (204.3833)	Pb lead (207.2)	Bi bismuth (208.9804)	Po polonium (209)	At astatine (210)	Rn radon (222)
Fr francium (223)	Ra radium (226)	Ac actinium (227)	Rf rutherfordium (261)	Db dubnium (262)	Sg seaborgium (266)	Bh bohrium (264)	Hs hassium (277)	Mt meitnerium (268)	Ds darmstadtium (271)	Rg roentgenium (272)	Cn copernicium (285)	Nh nihonium (286)	Fl flerovium (289)	Mc moscovium (288)	Lv livermorium (293)	Ts tennessine (294)	Og oganesson (294)



57 La lanthanum (138.905)	58 Ce cerium (140.12)	59 Pr praseodymium (140.90766)	60 Nd neodymium (144.24)	61 Pm promethium (144.9127)	62 Sm samarium (150.36)	63 Eu europium (151.964)	64 Gd gadolinium (157.254)	65 Tb terbium (158.92535)	66 Dy dysprosium (162.50085)	67 Ho holmium (164.93033)	68 Er erbium (167.259)	69 Tm thulium (168.934)	70 Yb ytterbium (173.05468)	71 Lu lutetium (174.967)
89 Ac actinium (227)	90 Th thorium (232.0377)	91 Pa protactinium (231.03688)	92 U uranium (238.02891)	93 Np neptunium (237.048173)	94 Pu plutonium (244.06422)	95 Am americium (243.061381)	96 Cm curium (247.07645)	97 Bk berkelium (247.07125)	98 Cf californium (251.083288)	99 Es einsteinium (252.083216)	100 Fm fermium (257.1015)	101 Md mendelevium (258.103868)	102 No nobelium (259.103868)	103 Lr lawrencium (260.103868)

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



Νόμος της περιοδικότητας:

Οι ιδιότητες των χημικών στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού.

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.008																																				2 He helium 4.0026																																																																																																																																																																																																																																																																																															
3 Li lithium 6.941																		4 Be beryllium 9.0122																		atomic number Symbol Name Standard atomic weight Relative atomic weight																																				5 B boron 10.81	6 C carbon 12.011	7 N nitrogen 14.007	8 O oxygen 15.999	9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180																																																																																																																																																																																																																																																						
11 Na sodium 22.990																		12 Mg magnesium 24.305																																				13 Al aluminum 26.982	14 Si silicon 28.086	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06	17 Cl chlorine 35.45	18 Ar argon 39.948																																																																																																																																																																																																																																																																								
19 K potassium 39.098																		20 Ca calcium 40.078																		21 Sc scandium 44.956																		22 Ti titanium 47.867																		23 V vanadium 50.942																		24 Cr chromium 51.996																		25 Mn manganese 54.938																		26 Fe iron 55.845																		27 Co cobalt 58.933																		28 Ni nickel 58.69																		29 Cu copper 63.546																		30 Zn zinc 65.38																		31 Ga gallium 69.723																		32 Ge germanium 72.63																		33 As arsenic 74.922																		34 Se selenium 78.96																		35 Br bromine 79.904																		36 Kr krypton 83.798																	
37 Rb rubidium 85.468																		38 Sr strontium 87.62																		39 Y yttrium 88.906																		40 Zr zirconium 91.224																		41 Nb niobium 92.906																		42 Mo molybdenum 95.94																		43 Tc technetium 98																		44 Ru ruthenium 101.07																		45 Rh rhodium 102.91																		46 Pd palladium 106.42																		47 Ag silver 107.87																		48 Cd cadmium 112.41																		49 In indium 114.82																		50 Sn tin 118.71																		51 Sb antimony 121.76																		52 Te tellurium 127.6																		53 I iodine 126.91																		54 Xe xenon 131.29																	
55 Cs cesium 132.91																		56 Ba barium 137.33																		57-71 lanthanoids																		72 Hf hafnium 178.49																		73 Ta tantalum 180.95																		74 W tungsten 183.84																		75 Re rhenium 186.21																		76 Os osmium 190.23																		77 Ir iridium 192.22																		78 Pt platinum 195.08																		79 Au gold 196.97																		80 Hg mercury 200.59																		81 Tl thallium 204.38																		82 Pb lead 207.2																		83 Bi bismuth 208.98																		84 Po polonium [209]																		85 At astatine [210]																		86 Rn radon [222]																	
87 Fr francium [223]																		88 Ra radium [226]																		89-103 actinoids																		104 Rf rutherfordium [261]																		105 Db dubnium [262]																		106 Sg seaborgium [266]																		107 Bh bohrium [264]																		108 Hs hassium [277]																		109 Mt meitnerium [268]																		110 Ds darmstadtium [271]																		111 Rg roentgenium [272]																		112 Cn copernicium [285]																		113 Nh nihonium [284]																		114 Fl flerovium [289]																		115 Mc moscovium [288]																		116 Lv livermorium [293]																		117 Ts tennessine [294]																		118 Og oganesson [294]																	

1
H
hydrogen
1.008

2
He
helium
4.0026

3
Li
lithium
6.941

4
Be
beryllium
9.0122

5
B
boron
10.81

6
C
carbon
12.011

7
N
nitrogen
14.007

8
O
oxygen
15.999

9
F
fluorine
18.998

10
Ne
neon
20.180

11
Na
sodium
22.990

12
Mg
magnesium
24.305

13
Al
aluminum
26.982

14
Si
silicon
28.086

15
P
phosphorus
30.974

16
S
sulfur
32.06

17
Cl
chlorine
35.45

18
Ar
argon
39.948

19
K
potassium
39.098

20
Ca
calcium
40.078

21
Sc
scandium
44.956

22
Ti
titanium
47.867

23
V
vanadium
50.942

24
Cr
chromium
51.996

25
Mn
manganese
54.938

26
Fe
iron
55.845

27
Co
cobalt
58.933

28
Ni
nickel
58.69

29
Cu
copper
63.546

30
Zn
zinc
65.38

31
Ga
gallium
69.723

32
Ge
germanium
72.63

33
As
arsenic
74.922

34
Se
selenium
78.96

35
Br
bromine
79.904

36
Kr
krypton
83.798

37
Rb
rubidium
85.468

38
Sr
strontium
87.62

39
Y
yttrium
88.906

40
Zr
zirconium
91.224

41
Nb
niobium
92.906

42
Mo
molybdenum
95.94

43
Tc
technetium
98

44
Ru
ruthenium
101.07

45
Rh
rhodium
102.91

46
Pd
palladium
106.42

47
Ag
silver
107.87

48
Cd
cadmium
112.41

49
In
indium
114.82

50
Sn
tin
118.71

51
Sb
antimony
121.76

52
Te
tellurium
127.6

53
I
iodine
126.91

54
Xe
xenon
131.29

55
Cs
cesium
132.91

56
Ba
barium
137.33

57-71
lanthanoids

72
Hf
hafnium
178.49

73
Ta
tantalum
180.95

74
W
tungsten
183.84

75
Re
rhenium
186.21

76
Os
osmium
190.23

77
Ir
iridium
192.22

78
Pt
platinum
195.08

79
Au
gold
196.97

80
Hg
mercury
200.59

81
Tl
thallium
204.38

82
Pb
lead
207.2

83
Bi
bismuth
208.98

84
Po
polonium
[209]

85
At
astatine
[210]

86
Rn
radon
[222]

87
Fr
francium
[223]

88
Ra
radium
[226]

89-103
actinoids

104
Rf
rutherfordium
[261]

105
Db
dubnium
[262]

106
Sg
seaborgium
[266]

107
Bh
bohrium
[264]

108
Hs
hassium
[277]

109
Mt
meitnerium
[268]

110
Ds
darmstadtium
[271]

111
Rg
roentgenium
[272]

112
Cn
copernicium
[285]

113
Nh
nihonium
[284]

114
Fl
flerovium
[289]

115
Mc
moscovium
[288]

116
Lv
livermorium
[293]

117
Ts
tennessine
[294]

118
Og
oganesson
[294]

AMETALLA

METALLA

ΑΜΕΤΑΛΛΑ

ΜΕΤΑΛΛΑ



INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium [145]	62 Sm samarium 150.36	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.967
89 Ac actinium [227]	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium [237]	94 Pu plutonium [244]	95 Am americium [243]	96 Cm curium [247]	97 Bk berkelium [247]	98 Cf californium [251]	99 Es einsteinium [252]	100 Fm fermium [257]	101 Md mendelevium [258]	102 No nobelium [259]	103 Lr lawrencium [262]

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements



Τα αλκάλια

Τα στοιχεία της 1ης ομάδας του περιοδικού πίνακα πλην του υδρογόνου:

Λίθιο (Li)

Νάτριο (Na)

Κάλιο (K)

Ρουβίδιο (Rb)

Καίσιο (Cs)

Φράνκιο (Fr) → ασταθές τεχνητό

Αλκάλια

1	H
3	Li
11	Na
19	K
37	Rb
55	Cs
87	Fr

2	He
10	Ne
18	Ar
36	Kr
54	Xe
86	Rn
118	Og

70	Yb
71	Lu
102	No
103	Lr

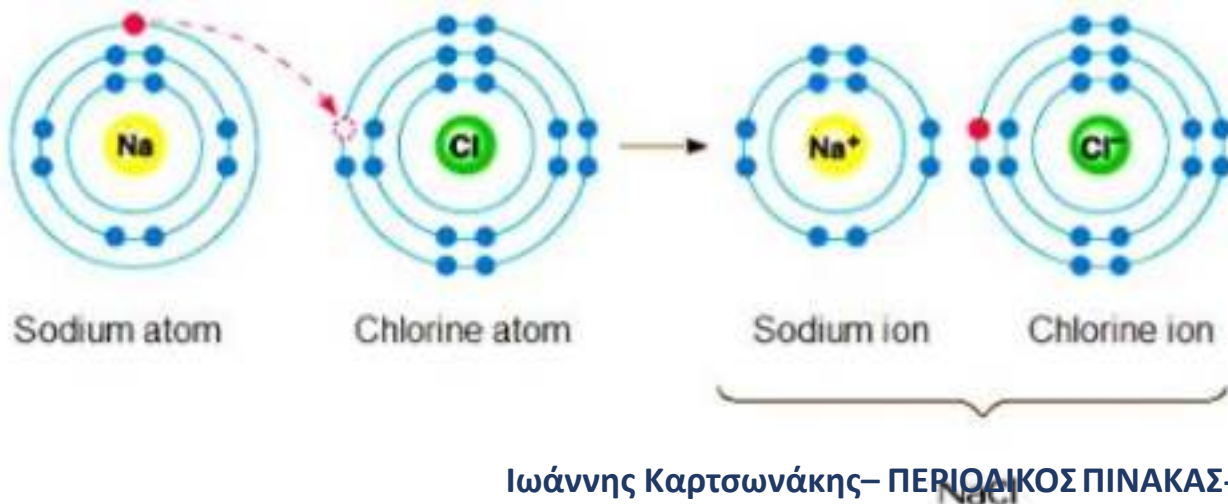
Όλα είναι δραστικά μέταλλα, γι' αυτό τα συναντάμε σε χημικές ενώσεις, π.χ. NaCl



Τα αλκάλια

Ιδιότητες:

- Είναι μαλακά.
- Έχουν μικρή πυκνότητα.
- Έχουν χαμηλά σημεία τήξης.
- Οξειδώνονται εύκολα.
- Αντιδρούν με το νερό.
- Έχουν στην εξωτερική τους στιβάδα 1 ηλεκτρόνιο, το οποίο μπορεί εύκολα να αποσπαστεί από το άτομο. Έτσι προκύπτει ένα θετικά φορτισμένο ιόν με φορτίο +1.



IUPAC Periodic Table of the Elements

</																													

ΜΕΤΑΛΛΑ

Ιδιότητες:

- Είναι μη ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι.
- Βρίσκονται στο στερεό φλοιό της γης ως ενώσεις του οξυγόνου ή του θείου.
- Υπάρχουν μέταλλα λιγότερο δραστικά (π.χ. Au, Ag) που βρίσκονται σε ελεύθερη κατάσταση.

IUPAC Periodic Table of the Elements

METAAA																											

ΜΕΤΑΛΛΑ

Ιδιότητες:

- Είναι στερεά σώματα, με εξαίρεση τον υδράργυρο (Hg).
- Έχουν αργυρόλευκο χρώμα, με εξαίρεση τον χρυσό (Au) και τον χαλκό (Cu), και μεταλλική λάμψη.

IUPAC Periodic Table of the Elements

METAAA																							

ΜΕΤΑΛΛΑ

Ιδιότητες:

Έχουν μεγάλες πυκνότητες. - Εξαιρούνται τα αλκάλια (Li, Na, K).

Έχουν υψηλά σημεία τήξης. - Εξαιρείται ο Hg.

Έχουν υψηλά σημεία ζέσης. - Εξαιρείται ο Hg.

IUPAC Periodic Table of the Elements

METAAA																	

ΜΕΤΑΛΛΑ

Ιδιότητες:

- Είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.
- Είναι ελατά, δηλ. μετατρέπονται σε ελάσματα.
- Είναι όλκιμα δηλ. μετατρέπονται σε σύρματα.

IUPAC Periodic Table of the Elements

METALLA																			

ΜΕΤΑΛΛΑ

Κράματα:

Είναι τα υλικά που αποτελούνται από δύο ή περισσότερα χημικά στοιχεία, ένα τουλάχιστον από τα οποία είναι μέταλλο και εμφανίζουν τις ιδιότητες των μετάλλων.

Π.χ. μπρούντζος = χαλκός + κασσίτερος

ορείχαλκος = χαλκός + ψευδάργυρος

χάλυβας = σίδηρος + άνθρακας

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.008																																				2 He helium 4.0026																																																																																																																																																																																																																																																																																															
3 Li lithium 6.941																		4 Be beryllium 9.0122																																				5 B boron 10.81																		6 C carbon 12.011																		7 N nitrogen 14.007																		8 O oxygen 15.999																		9 F fluorine 18.998																		10 Ne neon 20.180																																																																																																																																																																																			
11 Na sodium 22.990																		12 Mg magnesium 24.305																																				13 Al aluminum 26.982																		14 Si silicon 28.086																		15 P phosphorus 30.974																		16 S sulfur 32.06																		17 Cl chlorine 35.45																		18 Ar argon 39.948																																																																																																																																																																																			
19 K potassium 39.098																		20 Ca calcium 40.078																		21 Sc scandium 44.956																		22 Ti titanium 47.88																		23 V vanadium 50.942																		24 Cr chromium 51.996																		25 Mn manganese 54.938																		26 Fe iron 55.845																		27 Co cobalt 58.933																		28 Ni nickel 58.69																		29 Cu copper 63.546																		30 Zn zinc 65.38																		31 Ga gallium 69.723																		32 Ge germanium 72.63																		33 As arsenic 74.922																		34 Se selenium 78.96																		35 Br bromine 79.904																		36 Kr krypton 83.798																	
37 Rb rubidium 85.468																		38 Sr strontium 87.62																		39 Y yttrium 88.906																		40 Zr zirconium 91.224																		41 Nb niobium 92.906																		42 Mo molybdenum 95.94																		43 Tc technetium 98																		44 Ru ruthenium 101.07																		45 Rh rhodium 102.91																		46 Pd palladium 106.42																		47 Ag silver 107.87																		48 Cd cadmium 112.41																		49 In indium 114.82																		50 Sn tin 118.71																		51 Sb antimony 121.76																		52 Te tellurium 127.6																		53 I iodine 126.91																		54 Xe xenon 131.29																	
55 Cs cesium 132.91																		56 Ba barium 137.33																		57-71 lanthanoids																		72 Hf hafnium 178.49																		73 Ta tantalum 180.95																		74 W tungsten 183.84																		75 Re rhenium 186.21																		76 Os osmium 190.23																		77 Ir iridium 192.22																		78 Pt platinum 195.08																		79 Au gold 196.97																		80 Hg mercury 200.59																		81 Tl thallium 204.38																		82 Pb lead 207.2																		83 Bi bismuth 208.98																		84 Po polonium [209]																		85 At astatine [210]																		86 Rn radon [222]																	
87 Fr francium [223]																		88 Ra radium [226]																		89-103 actinoids																		104 Rf rutherfordium [261]																		105 Db dubnium [262]																		106 Sg seaborgium [266]																		107 Bh bohrium [264]																		108 Hs hassium [277]																		109 Mt meitnerium [268]																		110 Ds darmstadtium [271]																		111 Rg roentgenium [272]																		112 Cn copernicium [285]																		113 Nh nihonium [284]																		114 Fl flerovium [289]																		115 Mc moscovium [288]																		116 Lv livermorium [293]																		117 Ts tennessine [294]																		118 Og oganesson [294]																	

1
H
hydrogen
1.008

2
He
helium
4.0026

3
Li
lithium
6.941

4
Be
beryllium
9.0122

5
B
boron
10.81

6
C
carbon
12.011

7
N
nitrogen
14.007

8
O
oxygen
15.999

9
F
fluorine
18.998

10
Ne
neon
20.180

11
Na
sodium
22.990

12
Mg
magnesium
24.305

13
Al
aluminum
26.982

14
Si
silicon
28.086

15
P
phosphorus
30.974

16
S
sulfur
32.06

17
Cl
chlorine
35.45

18
Ar
argon
39.948

19
K
potassium
39.098

20
Ca
calcium
40.078

21
Sc
scandium
44.956

22
Ti
titanium
47.88

23
V
vanadium
50.942

24
Cr
chromium
51.996

25
Mn
manganese
54.938

26
Fe
iron
55.845

27
Co
cobalt
58.933

28
Ni
nickel
58.69

29
Cu
copper
63.546

30
Zn
zinc
65.38

31
Ga
gallium
69.723

32
Ge
germanium
72.63

33
As
arsenic
74.922

34
Se
selenium
78.96

35
Br
bromine
79.904

36
Kr
krypton
83.798

37
Rb
rubidium
85.468

38
Sr
strontium
87.62

39
Y
yttrium
88.906

40
Zr
zirconium
91.224

41
Nb
niobium
92.906

42
Mo
molybdenum
95.94

43
Tc
technetium
98

44
Ru
ruthenium
101.07

45
Rh
rhodium
102.91

46
Pd
palladium
106.42

47
Ag
silver
107.87

48
Cd
cadmium
112.41

49
In
indium
114.82

50
Sn
tin
118.71

51
Sb
antimony
121.76

52
Te
tellurium
127.6

53
I
iodine
126.91

54
Xe
xenon
131.29

55
Cs
cesium
132.91

56
Ba
barium
137.33

57-71
lanthanoids

72
Hf
hafnium
178.49

73
Ta
tantalum
180.95

74
W
tungsten
183.84

75
Re
rhenium
186.21

76
Os
osmium
190.23

77
Ir
iridium
192.22

78
Pt
platinum
195.08

79
Au
gold
196.97

80
Hg
mercury
200.59

81
Tl
thallium
204.38

82
Pb
lead
207.2

83
Bi
bismuth
208.98

84
Po
polonium
[209]

85
At
astatine
[210]

86
Rn
radon
[222]

87
Fr
francium
[223]

88
Ra
radium
[226]

89-103
actinoids

104
Rf
rutherfordium
[261]

105
Db
dubnium
[262]

106
Sg
seaborgium
[266]

107
Bh
bohrium
[264]

108
Hs
hassium
[277]

109
Mt
meitnerium
[268]

110
Ds
darmstadtium
[271]

111
Rg
roentgenium
[272]

112
Cn
copernicium
[285]

113
Nh
nihonium
[284]

114
Fl
flerovium
[289]

115
Mc
moscovium
[288]

116
Lv
livermorium
[293]

117
Ts
tennessine
[294]

118
Og
oganesson
[294]

1
H
hydrogen
1.008

2
He
helium
4.0026

3
Li
lithium
6.941

4
Be
beryllium
9.0122

5
B
boron
10.81

6
C
carbon
12.011

7
N
nitrogen
14.007

8
O
oxygen
15.999

9
F
fluorine
18.998

10
Ne
neon
20.180

11
Na
sodium
22.990

12
Mg
magnesium
24.305

13
Al
aluminum
26.982

14
Si
silicon
28.086

15
P
phosphorus
30.974

16
S
sulfur
32.06

17
Cl
chlorine
35.45

18
Ar
argon
39.948

19
K
potassium
39.098

20
Ca
calcium
40.078

21
Sc
scandium
44.956

22
Ti
titanium
47.88

23
V
vanadium
50.942

24
Cr
chromium
51.996

25
Mn
manganese
54.938

26
Fe
iron
55.845

27
Co
cobalt
58.933

28
Ni
nickel
58.69

29
Cu
copper
63.546

30
Zn
zinc
65.38

31
Ga
gallium
69.723

32
Ge
germanium
72.63

33
As
arsenic
74.922

34
Se
selenium
78.96

35
Br
bromine
79.904

36
Kr
krypton
83.798

37
Rb
rubidium
85.468

38
Sr
strontium
87.62

39
Y
yttrium
88.906

40
Zr
zirconium
91.224

41
Nb
niobium
92.906

42
Mo
molybdenum
95.94

43
Tc
technetium
98

44
Ru
ruthenium
101.07

45
Rh
rhodium
102.91

46
Pd
palladium
106.42

47
Ag
silver
107.87

48
Cd
cadmium
112.41

49
In
indium
114.82

50
Sn
tin
118.71

51
Sb
antimony
121.76

52
Te
tellurium
127.6

53
I
iodine
126.91

54
Xe
xenon
131.29

55
Cs
cesium
132.91

56
Ba
barium
137.33

57-71
lanthanoids

72
Hf
hafnium
178.49

73
Ta
tantalum
180.95

74
W
tungsten
183.84

75
Re
rhenium
186.21

76
Os
osmium
190.23

77
Ir
iridium
192.22

78
Pt
platinum
195.08

79
Au
gold
196.97

80
Hg
mercury
200.59

81
Tl
thallium
204.38

82
Pb
lead
207.2

83
Bi
bismuth
208.98

84
Po
polonium
[209]

85
At
astatine
[210]

86
Rn
radon
[222]

87
Fr
francium
[223]

88
Ra
radium
[226]

89-103
actinoids

104
Rf
rutherfordium
[261]

105
Db
dubnium
[262]

106
Sg
seaborgium
[266]

107
Bh
bohrium
[264]

108
Hs
hassium
[277]

109
Mt
meitnerium
[268]

110
Ds
darmstadtium
[271]

111
Rg
roentgenium
[272]

112
Cn
copernicium
[285]

113
Nh
nihonium
[284]

114
Fl
flerovium
[289]

115
Mc
moscovium
[288]

116
Lv
livermorium
[293]

117
Ts
tennessine
[294]

118
Og
oganesson
[294]



57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium [145]	62 Sm samarium 150.36	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.967
89 Ac actinium [227]	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium [231]	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium [237]	94 Pu plutonium [244]	95 Am americium [243]	96 Cm curium [247]	97 Bk berkelium [247]	98 Cf californium [251]	99 Es einsteinium [252]	100 Fm fermium [257]	101 Md mendelevium [258]	102 No nobelium [259]	103 Lr lawrencium [262]

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen

3 Li lithium (6.941, 6.939)	4 Be beryllium 9.0122
11	12

Key:
atomic number
Symbol
name
elemental state (solid, liquid, gas)
double bond (diatomic weight)

ΜΕΤΑΛΛΑ

ΑΜΕΤΑΛΛΑ

5 B boron (10.811, 10.827)	6 C carbon (12.011, 12.010)	7 N nitrogen (14.006, 14.008)	8 O oxygen (15.999, 16.003)	9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
13	14	15	16	17	18

- Στη κατηγορία αυτή ανήκουν γενικά όλα εκείνα τα στοιχεία που δεν παρουσιάζουν τις ιδιότητες των μετάλλων.
- Αυτά διακρίνονται ανάλογα με τον ιονισμό και τους τύπους των χημικών δεσμών που σχηματίζουν.
- Αυτές οι ιδιότητες προέρχονται από το γεγονός ότι τα αμέταλλα είναι ιδιαίτερα ηλεκτραρνητικά, δηλαδή κερδίζουν ηλεκτρόνια σθένους από άλλα άτομα ευκολότερα από ότι δίνουν.

16 S sulfur (32.065)	17 Cl chlorine (35.453, 35.467)	18 Ar argon (39.962, 39.968)
34 Se selenium (78.96, 78.97)	35 Br bromine (79.904, 79.907)	36 Kr krypton (83.798)
52 Te tellurium (127.6)	53 I iodine (126.90)	54 Xe xenon (131.29)
84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson

69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.967
101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

1 H hydrogen 1.008	2 He helium 4.0026
3 Li lithium 6.941	4 Be beryllium 9.0122
5 B boron 10.811	6 C carbon 12.011
7 N nitrogen 14.007	8 O oxygen 15.999
9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305
13 Al aluminum 26.982	14 Si silicon 28.086
15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06
17 Cl chlorine 35.45	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078
21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.88
23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 52.00
25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845
27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.69
29 Cu copper 63.546	30 Zn zinc 65.38
31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.64
33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.96
35 Br bromine 79.904	36 Kr krypton 83.798
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62
39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224
41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.94
43 Tc technetium [98]	44 Ru ruthenium 101.07
45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.36
47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41
49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71
51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.6
53 I iodine 126.91	54 Xe xenon 131.29
55 Cs cesium 132.91	56 Ba barium 137.33
57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12
59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24
61 Pm promethium [145]	62 Sm samarium 150.36
63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25
65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50
67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26
69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05
71 Lu lutetium 174.967	72 Hf hafnium 178.49
73 Ta tantalum 180.948	74 W tungsten 183.84
75 Re rhenium 186.207	76 Os osmium 190.23
77 Ir iridium 192.222	78 Pt platinum 195.084
79 Au gold 196.967	80 Hg mercury 200.59
81 Tl thallium 204.38	82 Pb lead 207.2
83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium [209]
85 At astatine [210]	86 Rn radon [222]
87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]
89 Ac actinium [227]	90 Th thorium 232.04
91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03
93 Np neptunium [237]	94 Pu plutonium [244]
95 Am americium [243]	96 Cm curium [247]
97 Bk berkelium [247]	98 Cf californium [251]
99 Es einsteinium [252]	100 Fm fermium [257]
101 Md mendelevium [258]	102 No nobelium [259]
103 Lr lawrencium [262]	104 Rf rutherfordium [261]
105 Db dubnium [262]	106 Sg seaborgium [266]
107 Bh bohrium [264]	108 Hs hassium [277]
109 Mt meitnerium [268]	110 Ds darmstadtium [271]
111 Rg roentgenium [272]	112 Cn copernicium [285]
113 Nh nihonium [284]	114 Fl flerovium [289]
115 Mc moscovium [288]	116 Lv livermorium [293]
117 Ts tennessine [294]	118 Og oganesson [294]
119 [285]	120 [286]
121 [285]	122 [286]
123 [286]	124 [287]
125 [287]	126 [288]
127 [288]	128 [289]
129 [289]	130 [290]
131 [290]	132 [291]
133 [291]	134 [292]
135 [292]	136 [293]
137 [293]	138 [294]
139 [294]	140 [295]
141 [295]	142 [296]
143 [296]	144 [297]
145 [297]	146 [298]
147 [298]	148 [299]
149 [299]	150 [300]
151 [300]	152 [301]
153 [301]	154 [302]
155 [302]	156 [303]
157 [303]	158 [304]
159 [304]	160 [305]
161 [305]	162 [306]
163 [306]	164 [307]
165 [307]	166 [308]
167 [308]	168 [309]
169 [309]	170 [310]
171 [310]	172 [311]
173 [311]	174 [312]
175 [312]	176 [313]
177 [313]	178 [314]
179 [314]	180 [315]
181 [315]	182 [316]
183 [316]	184 [317]
185 [317]	186 [318]
187 [318]	188 [319]
189 [319]	190 [320]
191 [320]	192 [321]
193 [321]	194 [322]
195 [322]	196 [323]
197 [323]	198 [324]
199 [324]	200 [325]
201 [325]	202 [326]
203 [326]	204 [327]
205 [327]	206 [328]
207 [328]	208 [329]
209 [329]	210 [330]
211 [330]	212 [331]
213 [331]	214 [332]
215 [332]	216 [333]
217 [333]	218 [334]
219 [334]	220 [335]
221 [335]	222 [336]
223 [336]	224 [337]
225 [337]	226 [338]
227 [338]	228 [339]
229 [339]	230 [340]
231 [340]	232 [341]
233 [341]	234 [342]
235 [342]	236 [343]
237 [343]	238 [344]
239 [344]	240 [345]
241 [345]	242 [346]
243 [346]	244 [347]
245 [347]	246 [348]
247 [348]	248 [349]
249 [349]	250 [350]
251 [350]	252 [351]
253 [351]	254 [352]
255 [352]	256 [353]
257 [353]	258 [354]
259 [354]	260 [355]
261 [355]	262 [356]
263 [356]	264 [357]
265 [357]	266 [358]
267 [358]	268 [359]
269 [359]	270 [360]
271 [360]	272 [361]
273 [361]	274 [362]
275 [362]	276 [363]
277 [363]	278 [364]
279 [364]	280 [365]
281 [365]	282 [366]
283 [366]	284 [367]
285 [367]	286 [368]
287 [368]	288 [369]
289 [369]	290 [370]
291 [370]	292 [371]
293 [371]	294 [372]
295 [372]	296 [373]
297 [373]	298 [374]
299 [374]	300 [375]

ΑΜΕΤΑΛΛΑ

Τέλος αμέταλλα είναι τα αλογόνα, τα ευγενή αέρια και τα ακόλουθα στοιχεία κατά σειρά ατομικού αριθμού (αμέταλλα ως χημική σειρά):

- υδρογόνο (H)
- άνθρακας (C)
- άζωτο (N)
- οξυγόνο (O)
- φωσφόρος (P)
- θείο (S)
- σελήνιο (Se)

1 H hydrogen 1.008	2 He helium 4.0026
3 Li lithium 6.941	4 Be beryllium 9.0122
5 B boron 10.811	6 C carbon 12.011
7 N nitrogen 14.007	8 O oxygen 15.999
9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305
13 Al aluminum 26.982	14 Si silicon 28.086
15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06
17 Cl chlorine 35.453	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078
21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.88
23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 52.004
25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845
27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693
29 Cu copper 63.546	30 Zn zinc 65.38
31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.64
33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.96
35 Br bromine 79.904	36 Kr krypton 83.798
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62
39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224
41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.94
43 Tc technetium 98.906	44 Ru ruthenium 101.07
45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42
47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41
49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71
51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.6
53 I iodine 126.91	54 Xe xenon 131.29
55 Cs cesium 132.91	56 Ba barium 137.33
57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12
59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24
61 Pm promethium 144.91	62 Sm samarium 150.36
63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25
65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50
67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26
69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05
71 Lu lutetium 174.967	72 Hf hafnium 178.49
73 Ta tantalum 180.948	74 W tungsten 183.84
75 Re rhenium 186.207	76 Os osmium 190.23
77 Ir iridium 192.222	78 Pt platinum 195.084
79 Au gold 196.967	80 Hg mercury 200.59
81 Tl thallium 204.38	82 Pb lead 207.2
83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium [209]
85 At astatine [210]	86 Rn radon [222]
87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]
89 Ac actinium [227]	90 Th thorium 232.04
91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03
93 Np neptunium 237.05	94 Pu plutonium 244.06
95 Am americium 243.06	96 Cm curium 247.07
97 Bk berkelium 247.07	98 Cf californium 251.08
99 Es einsteinium 252.08	100 Fm fermium 257.10
101 Md mendelevium 258.10	102 No nobelium 259.10
103 Lr lawrencium 262.10	104 Rf rutherfordium 261.10
105 Db dubnium 262.10	106 Sg seaborgium 266.10
107 Bh bohrium 264.10	108 Hs hassium 277.10
109 Mt meitnerium 268.10	110 Ds darmstadtium 271.10
111 Rg roentgenium 272.10	112 Cn copernicium 285.10
113 Nh nihonium 284.10	114 Fl flerovium 289.10
115 Mc moscovium 288.10	116 Lv livermorium 293.10
117 Ts tennessine 289.10	118 Og oganesson 294.10

ΑΜΕΤΑΛΛΑ

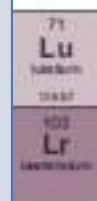
- Σε θερμοκρασία δωματίου (20° C) άλλα αμέταλλα είναι στερεά και άλλα αέρια, ενώ ένα μόνο, το βρώμιο, είναι υγρό.
- Τα στερεά αμέταλλα όπως το θείο και το ιώδιο συνήθως είναι εύθραυστα, έχουν μικρή πυκνότητα, δεν λάμπουν και συμπεριφέρονται ως κακοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού με μόνη εξαίρεση τον άνθρακα ως γραφίτης.

United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization2019
IYPT
International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

- Τα περισσότερα αμέταλλα βρίσκονται στο επάνω δεξιά μέρος του περιοδικού πίνακα.
- Εξαίρεση είναι το υδρογόνο, που τοποθετείται συνήθως στο πάνω αριστερά με τα αλκαλικά μέταλλα, αλλά συμπεριφέρεται ως αμέταλλο στις περισσότερες περιπτώσεις.
- Αντίθετα από τα μέταλλα, που είναι ηλεκτρικά αγωγίμα, ένα αμέταλλο μπορεί να είναι μονωτής ή ημιαγωγός.
- Τα αμέταλλα μπορούν να διαμορφώσουν ιοντικούς δεσμούς με μέταλλα με απόκτηση ηλεκτρονίων, ή ομοιοπολικούς δεσμούς με άλλα αμέταλλα.
- Τα οξείδια των αμέταλλων είναι όξινα.



2 He helium 4.0026
10 Ne neon 20.1838
18 Ar argon 39.948 (36, 38, 40)
36 Kr krypton 83.798(2)
54 Xe xenon 131.29
86 Rn radon
118 Og oganeson



71 Lu lutetium 174.967
103 Lr lawrencium



1 H hydrogen 1.008	2 He helium 4.0026
3 Li lithium 6.941	4 Be beryllium 9.0122
5 B boron 10.811	6 C carbon 12.011
7 N nitrogen 14.007	8 O oxygen 15.999
9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305
13 Al aluminum 26.982	14 Si silicon 28.086
15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06
17 Cl chlorine 35.453	18 Ar argon 39.948
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078
21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.88
23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 52.00
25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845
27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.69
29 Cu copper 63.546	30 Zn zinc 65.38
31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.64
33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.96
35 Br bromine 79.904	36 Kr krypton 83.798
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62
39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224
41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.94
43 Tc technetium [98]	44 Ru ruthenium 101.07
45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42
47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41
49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71
51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.6
53 I iodine 126.91	54 Xe xenon 131.29
55 Cs cesium 132.91	56 Ba barium 137.33
57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12
59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24
61 Pm promethium [145]	62 Sm samarium 150.36
63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25
65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50
67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26
69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05
71 Lu lutetium 174.967	72 Hf hafnium 178.49
73 Ta tantalum 180.948	74 W tungsten 183.84
75 Re rhenium 186.207	76 Os osmium 190.23
77 Ir iridium 192.222	78 Pt platinum 195.084
79 Au gold 196.967	80 Hg mercury 200.59
81 Tl thallium 204.38	82 Pb lead 207.2
83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium [209]
85 At astatine [210]	86 Rn radon [222]
87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]
89 Ac actinium [227]	90 Th thorium 232.04
91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03
93 Np neptunium [237]	94 Pu plutonium [244]
95 Am americium [243]	96 Cm curium [247]
97 Bk berkelium [247]	98 Cf californium [251]
99 Es einsteinium [252]	100 Fm fermium [257]
101 Md mendelevium [258]	102 No nobelium [259]
103 Lr lawrencium [262]	104 Rf rutherfordium [261]
105 Db dubnium [262]	106 Sg seaborgium [266]
107 Bh bohrium [264]	108 Hs hassium [277]
109 Mt meitnerium [268]	110 Ds darmstadtium [271]
111 Rg roentgenium [272]	112 Cn copernicium [285]
113 Nh nihonium [284]	114 Fl flerovium [289]
115 Mc moscovium [288]	116 Lv livermorium [293]
117 Ts tennessine [289]	118 Og oganesson [294]

ΑΜΕΤΑΛΛΑ

- Υπάρχουν μόνο δεκαοκτώ γνωστά αμέταλλα, έναντι πάνω από ογδόντα μετάλλων, αλλά τα αμέταλλα αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του εδάφους, ιδιαίτερα στα εξωτερικά στρώματα.
- Οι οργανισμοί αποτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από αμέταλλα.
- Τα μόρια πολλών αμετάλλων (υδρογόνο, άζωτο, οξυγόνο, φθόριο, χλώριο, βρώμιο, και ιώδιο) είναι διατομικά, και το μεγαλύτερο μέρος των υπολοίπων είναι πολυατομικά.

- Η σειρά δραστηριότητας των αμετάλλων είναι η εξής:
- Φθόριο (F),
- Οξυγόνο (O),
- Άζωτο (N),
- Χλώριο (Cl),
- Βρώμιο (Br),
- Ιώδιο (I),
- Θείο (S),
- Άνθρακας (C),
- Φωσφόρος (P),
- Υδρογόνο (H)

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.008																																				2 He helium 4.0026																																			
3 Li lithium 6.941				4 Be beryllium 9.0122																						5 B boron 10.81		6 C carbon 12.011		7 N nitrogen 14.007		8 O oxygen 15.999		9 F fluorine 18.998		10 Ne neon 20.180																																			
11 Na sodium 22.990				12 Mg magnesium 24.305																						13 Al aluminum 26.982		14 Si silicon 28.086		15 P phosphorus 30.974		16 S sulfur 32.06		17 Cl chlorine 35.45		18 Ar argon 39.948																																			
19 K potassium 39.098				20 Ca calcium 40.078				21 Sc scandium 44.956				22 Ti titanium 47.88				23 V vanadium 50.942				24 Cr chromium 51.996				25 Mn manganese 54.938				26 Fe iron 55.845				27 Co cobalt 58.933				28 Ni nickel 58.69				29 Cu copper 63.546				30 Zn zinc 65.38				31 Ga gallium 69.723				32 Ge germanium 72.63				33 As arsenic 74.922				34 Se selenium 78.96				35 Br bromine 79.904				36 Kr krypton 83.798			
37 Rb rubidium 85.468				38 Sr strontium 87.62				39 Y yttrium 88.906				40 Zr zirconium 91.224				41 Nb niobium 92.906				42 Mo molybdenum 95.94				43 Tc technetium 98				44 Ru ruthenium 101.07				45 Rh rhodium 102.91				46 Pd palladium 106.42				47 Ag silver 107.87				48 Cd cadmium 112.41				49 In indium 114.82				50 Sn tin 118.71				51 Sb antimony 121.76				52 Te tellurium 127.6				53 I iodine 126.905				54 Xe xenon 131.29			
55 Cs cesium 132.91				56 Ba barium 137.33				57-71 lanthanoids				72 Hf hafnium 178.49				73 Ta tantalum 180.95				74 W tungsten 183.84				75 Re rhenium 186.21				76 Os osmium 190.23				77 Ir iridium 192.22				78 Pt platinum 195.08				79 Au gold 196.97				80 Hg mercury 200.59				81 Tl thallium 204.38				82 Pb lead 207.2				83 Bi bismuth 208.98				84 Po polonium [209]				85 At astatine [210]				86 Rn radon [222]			
87 Fr francium [223]				88 Ra radium [226]				89-103 actinoids				104 Rf rutherfordium [261]				105 Db dubnium [262]				106 Sg seaborgium [266]				107 Bh bohrium [264]				108 Hs hassium [277]				109 Mt meitnerium [268]				110 Ds darmstadtium [271]				111 Rg roentgenium [272]				112 Cn copernicium [285]				113 Nh nihonium [284]				114 Fl flerovium [289]				115 Mc moscovium [288]				116 Lv livermorium [293]				117 Ts tennessine [294]				118 Og oganesson [294]			

AMETALLA

METALLA

ΜΕΤΑΛΛΑ

ΑΜΕΤΑΛΛΑ



57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium [145]	62 Sm samarium 150.36	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.967
89 Ac actinium [227]	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium [237]	94 Pu plutonium [244]	95 Am americium [243]	96 Cm curium [247]	97 Bk berkelium [247]	98 Cf californium [251]	99 Es einsteinium [252]	100 Fm fermium [257]	101 Md mendelevium [258]	102 No nobelium [259]	103 Lr lawrencium [262]

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

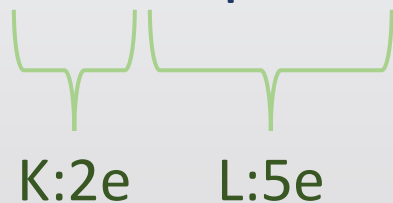


Δομή περιοδικού πίνακα και ηλεκτρονιακή δόμηση των ατόμων

- Νόμος περιοδικότητας: «η χημική συμπεριφορά των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού».
- Ο αριθμός των στιβάδων που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη ηλεκτρονιακή δόμηση του ατόμου ενός στοιχείου καθορίζει τον αριθμό της περιόδου στην οποία ανήκει το στοιχείο.
- Ο αριθμός των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας (ηλεκτρόνια σθένους) καθορίζει τον αριθμό της πρωτεύουσας ομάδας που ανήκει το στοιχείο.

Δομή περιοδικού πίνακα και ηλεκτρονιακή δόμηση των ατόμων

Π.χ. ${}_7\text{N} : 1s^2 2s^2 2p^3$



- Χρησιμοποιεί 2 στιβάδες (K, L), άρα ανήκει στη 2^η περίοδο του περιοδικού πίνακα.
- Έχει 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα, άρα ανήκει στην 5^η κύρια ομάδα (VA) του περιοδικού πίνακα.

Τομείς του περιοδικού πίνακα

Τομέας του περιοδικού πίνακα είναι ένα σύνολο στοιχείων των οποίων τα άτομα έχουν τα τελευταία τους ηλεκτρόνια στον ίδιο τύπο υποστιβάδας π.χ. s, p, d ή f.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																												
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	← VIII B →			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA																												
H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																												
		<table><tr><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td></tr><tr><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td></tr></table>																Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

Τομέας s

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																												
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	← VIIIB →		IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA																													
H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																												
<table><tr><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td></tr><tr><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td></tr></table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

Περιλαμβάνει δύο κύριες ομάδες του περιοδικού πίνακα. Υδρογόνο, ήλιο, αλκάλια (Na, K κλπ.) και αλκαλικές γαίες (Ca, Mg κλπ.).

τομείς : s^1 s^2
 αρίθμηση: IA II A
 νέα αρίθμηση: 1 2

Τομέας p

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																												
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	← VIIIB →		IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA																													
H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																												
<table><tr><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td></tr><tr><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td></tr></table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

Έχει το πολύ 6ε γι' αυτό και περιλαμβάνει έξι κύριες ομάδες στοιχείων.

τομείς :	p^1	p^2	p^3	p^4	p^5	p^6
αρίθμηση:	IIIA	VIA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
νέα αρίθμηση:	13	14	15	16	17	18

Τομέας d

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																												
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	← VIIIB →		IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA																													
H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																												
<table><tr><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td></tr><tr><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td></tr></table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

Περιλαμβάνει τα στοιχεία μετάπτωσης. Η υποστιβάδα d χωράει 10e γι' αυτό και ο τομέας d έχει 10 ομάδες (δευτερεύουσες ομάδες).

τομείς :	d^1	d^2	d^3	d^4		d^{10}
αρίθμηση:	IIIB	VIB	VB	VIB	...	IIB
νέα αρίθμηση:	3	4	5	6		12

Τομέας f

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																												
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	← VIIIB →		IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA																													
H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																												
<table><tr><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td></tr><tr><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td></tr></table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

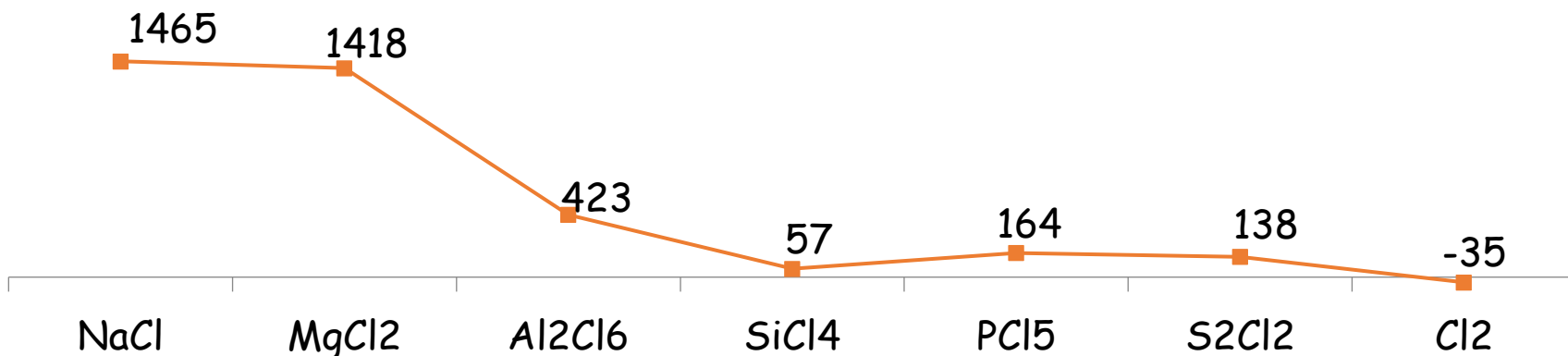
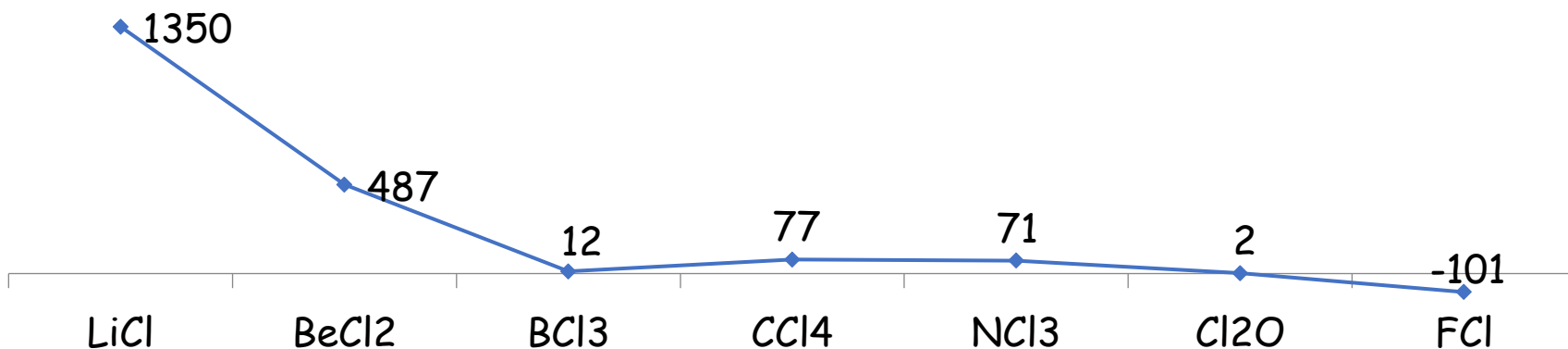
Περιλαμβάνει στοιχεία των οποίων το τελευταίο ηλεκτρόνιο ανήκει σε υποστιβάδα f, άρα 14 ομάδες.

Λανθανίδες: 6^η περίοδος ατομικοί αριθμοί 58-71
 Ακτινίδες: 7^η περίοδος ατομικοί αριθμοί 90-103

Περιοδική τάση των στοιχείων

Κατά μήκος μιας περιόδου, ορισμένες ιδιότητες των στοιχείων και των ενώσεων τους μεταβάλλονται προοδευτικά. Όταν αλλάζουμε περίοδο, τα στοιχεία ή οι ενώσεις τους, που αντιστοιχούν στην ίδια ομάδα έχουν παραπλήσιες ιδιότητες.

Σημεία τήξης των χλωριδίων των στοιχείων 2^{ης} και 3^{ης} ομάδας



Στοιχεία μετάπτωσης (1^η σειρά)

Δεν έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των ιδιοτήτων τους επειδή το τελευταίο ηλεκτρόνιο εισέρχεται σε εσωτερική υποστιβάδα, δηλαδή στην 3d, ενώ η 4η στιβάδα σε όλα σχεδόν αυτά τα στοιχεία παραμένει με δύο ηλεκτρόνια.

Στοιχεία μετάπτωσης (1^η σειρά)

₂₁ Sc	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	$3d^1$	$4s^2$
₂₂ Ti	[Ar]	$3d^2$	$4s^2$
₂₃ V	[Ar]	$3d^3$	$4s^2$
₂₄ Cr	[Ar]	$3d^5$	$4s^1$ *
₂₅ Mn	[Ar]	$3d^5$	$4s^2$
₂₆ Fe	[Ar]	$3d^6$	$4s^2$
₂₇ Co	[Ar]	$3d^7$	$4s^2$
₂₈ Ni	[Ar]	$3d^8$	$4s^2$
₂₉ Cu	[Ar]	$3d^{10}$	$4s^1$ *
₃₀ Zn	[Ar]	$3d^{10}$	$4s^2$

* Η d υποστιβάδα παρουσιάζει αυξημένη σταθερότητα όταν είναι ημισυμπληρωμένη (d^5) ή συμπληρωμένη (d^{10}).

Στοιχεία μετάπτωσης

Είναι τα στοιχεία που καταλαμβάνουν τον τομέα d του περιοδικού πίνακα.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII	VIII	VIII	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

1^η σειρά 4^η περίοδος $3d^x 4s^2$
 2^η σειρά 5^η περίοδος $4d^x 5s^2$
 3^η σειρά 6^η περίοδος $5d^x 6s^2$

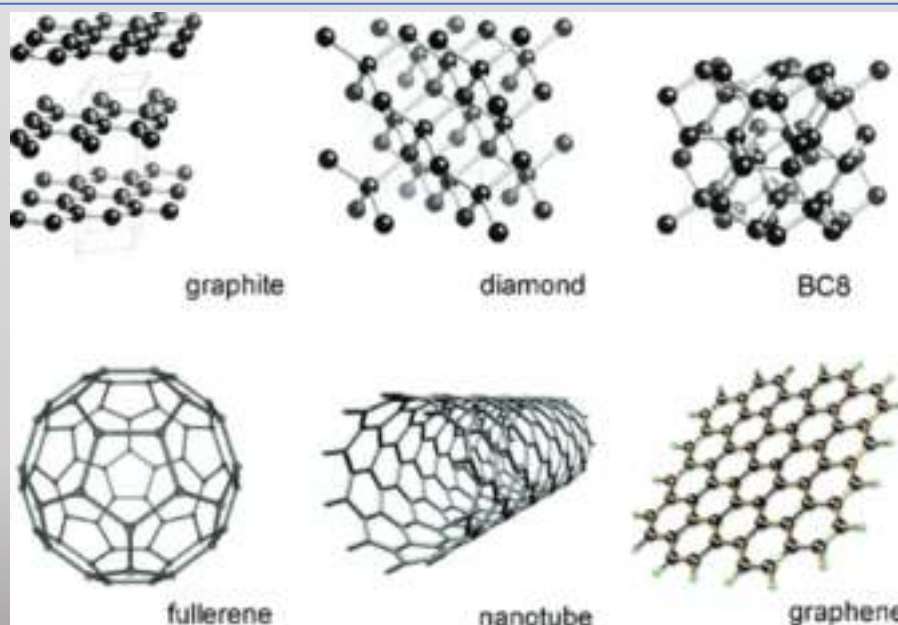
Στοιχεία μετάπτωσης

Έχουν πολλές κοινές ιδιότητες:

- έχουν μεταλλικό χαρακτήρα
- έχουν πολλούς αριθμούς οξείδωσης
- είναι παραμαγνητικά
- σχηματίζουν σύμπλοκα ιόντα
- σχηματίζουν έγχρωμες ενώσεις
- έχουν την ικανότητα να καταλύουν αντιδράσεις

Γιατί ο άνθρακας ξεχωρίζει:

Οι οργανικές ενώσεις που έχουν βρεθεί στη φύση ή έχουν παρασκευαστεί στα εργαστήρια μέχρι σήμερα είναι περισσότερες από 12.000.000, ενώ οι ανόργανες ενώσεις είναι περίπου 1.000.000, μετά το πλήθος των ενώσεων του πυριτίου που παρασκευάστηκαν τα τελευταία χρόνια.



Ο κύκλος του άνθρακα:

Ο άνθρακας, ως διοξείδιο του άνθρακα, δεσμεύεται στα φυτά με τη φωτοσύνθεση και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα με την αναπνοή των οργανισμών και την καύση οργανικών ουσιών.



Η θέση του άνθρακα στον περιοδικό πίνακα

atomic number	6	12.011	atomic weight
symbol	C		acid-base properties of higher-valence oxides
electron configuration	[He]2s ² 2p ²		crystal structure
name	carbon		physical state at 20 °C (68 °F)

	Other nonmetals		Solid
	Hexagonal		Weakly acidic

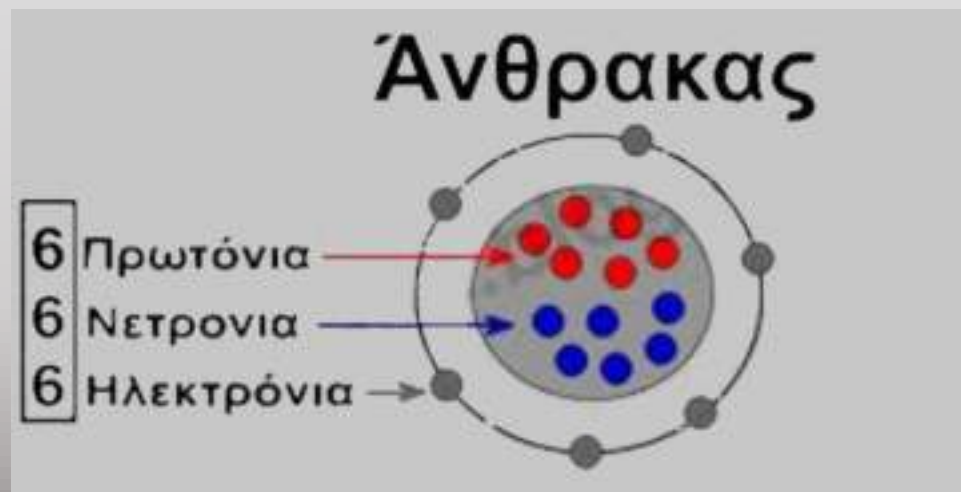
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Nh	Hs	Mt	110	111	112	113					

* Lanthanide Series	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
* Actinide Series	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Βρίσκεται στη
14^η ομάδα
και στη 2^η
περίοδο του
Π.Π.

Συμβολίζεται
με το αγγλικό
γράμμα C

- Ο άνθρακας (carbon) είναι αμέταλλο χημικό στοιχείο με σύμβολο –C- και ατομικό αριθμό $Z=6$.
- Ο άνθρακας είναι το 4ο πιο άφθονο χημικό στοιχείο στο σύμπαν, μετά το υδρογόνο, το ήλιο και το οξυγόνο.
- Στο ανθρώπινο σώμα ο άνθρακας είναι το δεύτερο πιο άφθονο χημικό στοιχείο, περίπου 18,5%, μετά το οξυγόνο.
- Μαζί με το υδρογόνο, το οξυγόνο και το άζωτο αποτελούν, σε ποσοστό, το 96% (κατά βάρος) των ζωντανών οργανισμών.



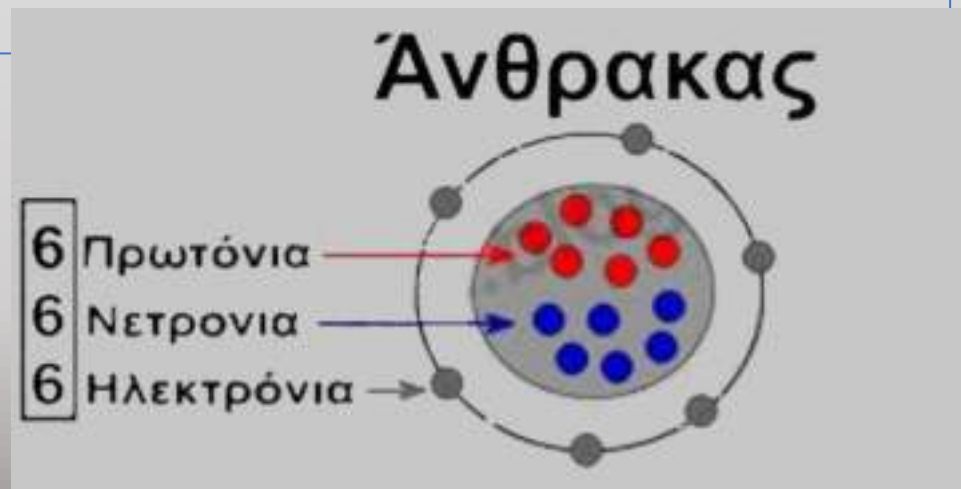
Ο άνθρακας έχει τα εξής ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

- **Διαθέτει τέσσερα μονήρη (μοναχικά) ηλεκτρόνια** στην εξωτερική του στιβάδα ή, όπως συνήθως λέμε, έχει τέσσερις μονάδες συγγένειας (που συμβολίζονται με μία παύλα η καθεμία).

Γι' αυτό μπορεί να ενωθεί με άτομα άλλων στοιχείων (συνηθέστερα είναι τα H, O, N, S, αλογόνα) ή με άλλα άτομα άνθρακα.

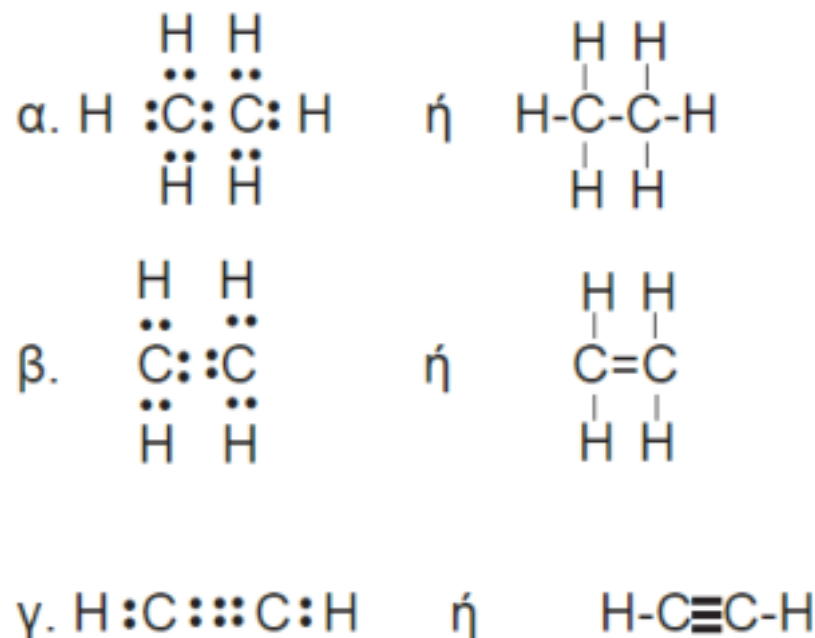
Έτσι, σχηματίζει απλές ενώσεις (π.χ. με ένα άτομο άνθρακα) ή πολύπλοκες ενώσεις (π.χ. με δεκάδες δισεκατομμύρια άτομα άνθρακα).

- **Έχει μικρή ατομική ακτίνα** γι' αυτό σχηματίζει σταθερούς ομοιοπολικούς δεσμούς (τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων συγκρατούνται ισχυρά, επειδή είναι κοντά στον πυρήνα του ατόμου του άνθρακα).



Επίσης τα άτομα του άνθρακα μπορεί να συνδεθούν μεταξύ τους με απλό, διπλό ή τριπλό δεσμό, όπως φαίνεται στα επόμενα παραδείγματα:

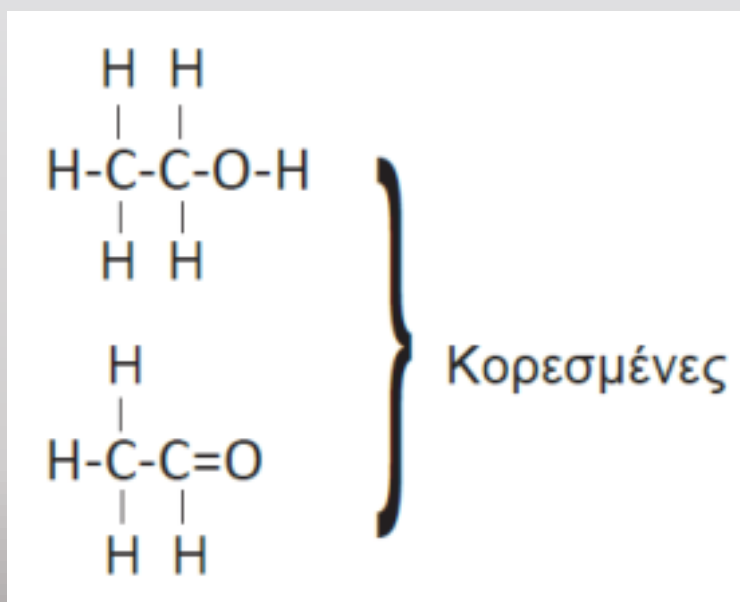
Απλός = 1 ομοιοπολικός δεσμός **C-C**
 Διπλός = 2 ομοιοπολικοί δεσμοί **C=C**
 Τριπλός = 3 ομοιοπολικοί δεσμοί **C≡C**



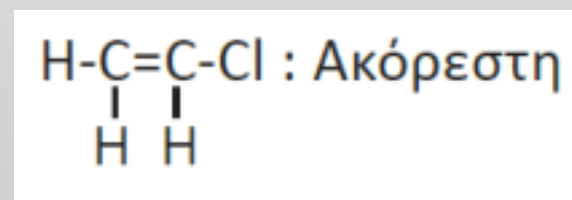
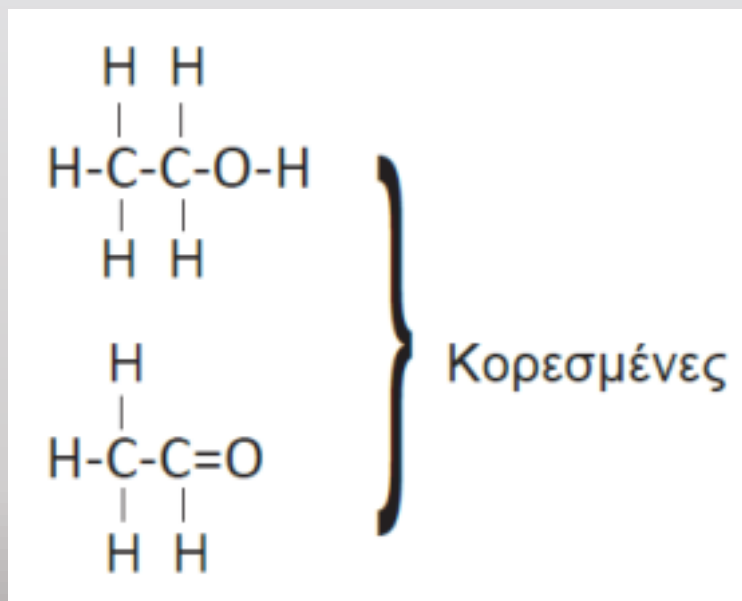
Οι ενώσεις στις οποίες όλα τα άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με απλούς δεσμούς λέγονται **κορεσμένες**.

Οι ενώσεις στις οποίες δύο τουλάχιστον άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ

τους με διπλό ή τριπλό δεσμό λέγονται **ακόρεστες**.



- Να σημειωθεί ότι και η δεύτερη ένωση, χαρακτηρίζεται **κορεσμένη**, επειδή τα άτομα του άνθρακα συνδέονται με απλό δεσμό στο μόριο της ένωσης.
- Ο διπλός δεσμός δηλαδή μεταξύ άνθρακα και οξυγόνου δεν «μετράει» για το χαρακτηρισμό της ένωσης. Αντίθετα, η ένωση που αναγράφεται παρακάτω χαρακτηρίζεται ακόρεστη, επειδή μεταξύ των ατόμων άνθρακα υπάρχει ένας διπλός δεσμός.



Αλλοτροπικές Μορφές (Αλλοτροπία)

- Ιδιότητα ορισμένων στοιχείων, που ανάλογα με τις συνθήκες εμφανίζονται με **διάφορες μορφές**.
- Οι μορφές αυτές καλούνται **αλλοτροπικές**.
- Το ίδιο φαινόμενο όταν εμφανίζεται σε χημικές ενώσεις, ονομάζεται **πολυμορφισμός**.
- Ο γραφίτης, το διαμάντι, το μόριο του φουλερενίου καθώς και οι νανοσωλήνες άνθρακα αποτελούν δομές με βάση το ίδιο στοιχείο, τον άνθρακα.
- Διαφέρουν ως προς το είδος των δεσμών οι οποίοι σχηματίζονται μεταξύ των ατόμων τους με αποτέλεσμα το καθένα να έχει ιδιαίτερη μοριακή ή κρυσταλλική δομή και κατ' επέκταση ιδιότητες.
- Για παράδειγμα, το διαμάντι είναι το σκληρότερο γνωστό υλικό και διαφανές στο ορατό φως, ενώ ο γραφίτης ένα από τα μαλακότερα και αδιαφανής.

► Υλικά από το ίδιο στοιχείο: Άνθρακας (C)



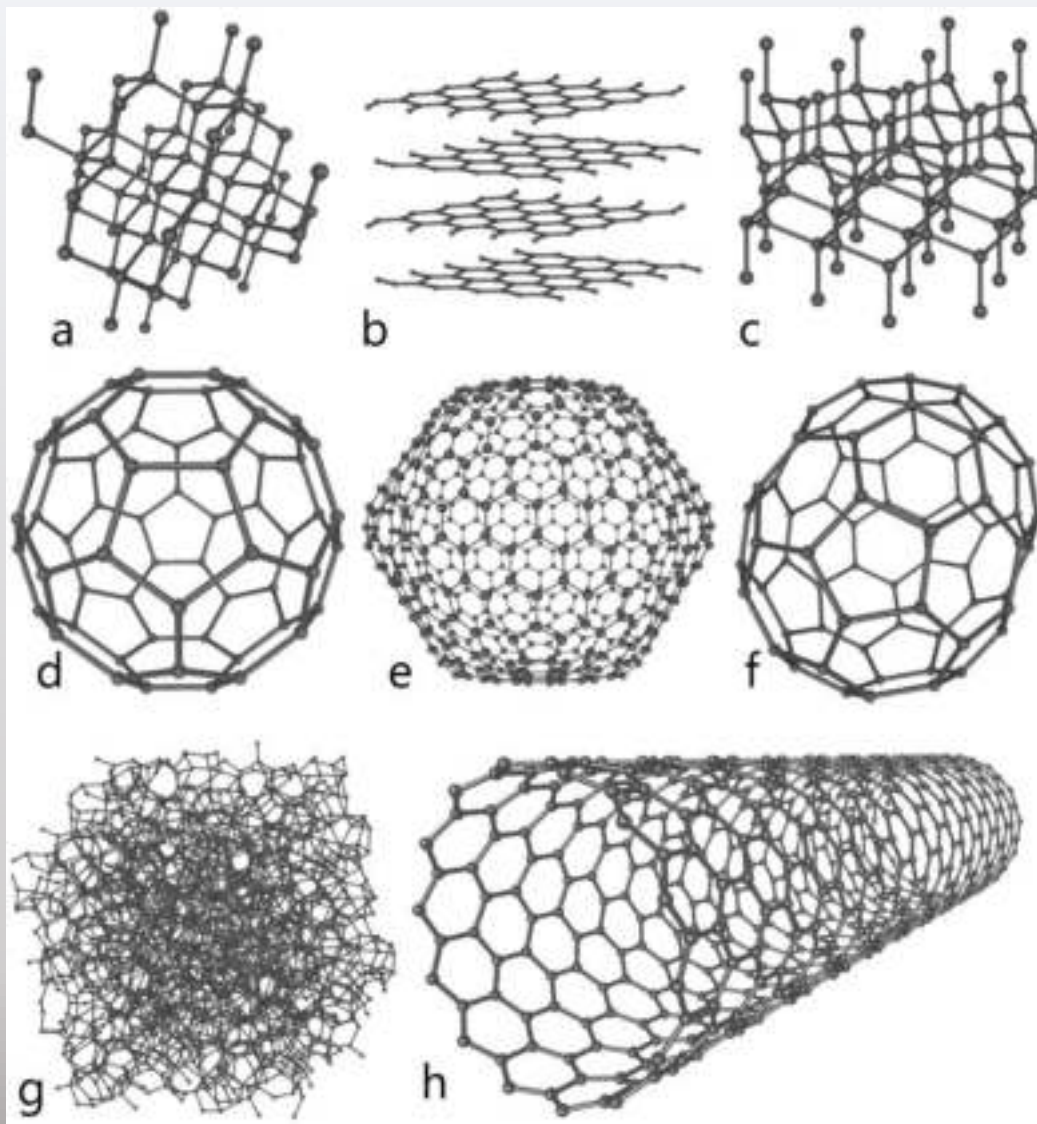
- Πολύ μαλακό υλικό
- Μαύρο (απορροφητικό)
- Ηλεκτρικά αγώγιμο



- Πολύ σκληρό υλικό
- Διάφανο
- Δεν άγει τον ηλεκτρισμό

Αλλοτροπικές μορφές άνθρακα

- ▶ A) Διαμάντι
- ▶ B) Γραφίτης
- ▶ C) Λονσδαλεΐτης
- ▶ D) C₆₀ Φουλερένιο
- ▶ E) C₅₄₀ Φουλερένιο
- ▶ F) C₇₀ Φουλερένιο
- ▶ G) Άμορφος άνθρακας
- ▶ H) Νανοσωλήνας
- ▶ ...Νανοίνες, νανοαφρός, υαλώδης άνθρακας....



- ▶ Ο άνθρακας κατέχει την 19^η θέση στη σειρά αφθονίας των χημικών στοιχείων στο στερεό φλοιό της γης.
- ▶ Είναι αμέταλλο χημικό στοιχείο της IVa ομάδας του περιοδικού συστήματος και βρίσκεται ελεύθερος στη φύση, αυτοφυής σε διάφορες κρυσταλλικές και μη μορφές.
- ▶ Οι μη κρυσταλλικές μορφές του, που περιγράφονται και ως άμορφοι άνθρακες (**ξυλάνθρακας, αιθάλη, ζωϊκός άνθρακας** κλπ) έχουν μελετηθεί με χρήση ακτίνων Χ και έχει βρεθεί ότι αποτελούν ακάθαρτες μορφές γραφίτη, ο οποίος έχει υποστεί μεγάλης έκτασης διαμερισμό.

- Έως σήμερα, τις γνωστές **αλλοτροπικές μορφές** του άνθρακα στον επιστημονικό κόσμο, αποτελούσαν ο **γραφίτης**, το **διαμάντι** και πιο πρόσφατα το **φουλλερένιο**.
- Όμως ο Ιάπωνας επιστήμονας, **Iijima** με την ομάδα του, ανακάλυψε μία ακόμα μορφή του άνθρακα, αυτή των **νανοσωλήνων**

Μορφές Άνθρακα

Άνθρακας

❑ Κρυσταλλικός άνθρακας

❑ Άμορφος άνθρακας

Διαμάντι

Γραφίτης

Αιθάλη

Ξυλάνθρακας

Γραφένιο

Φουλερένια

Ζωικός άνθρακας

...

Νανοϊνες C

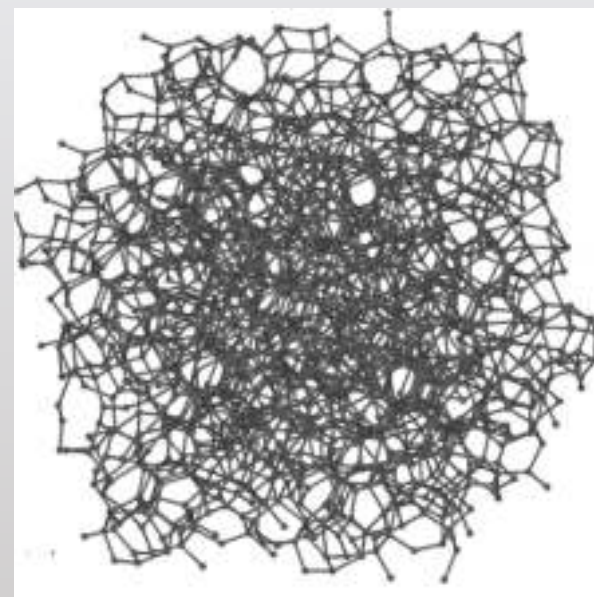
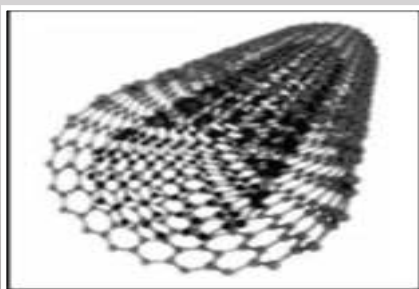
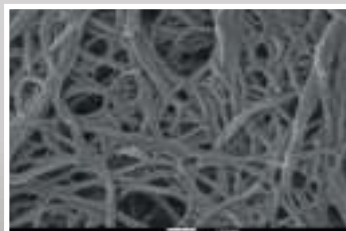
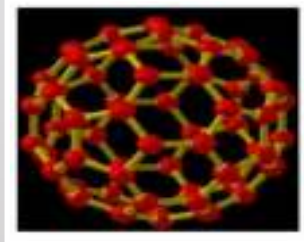
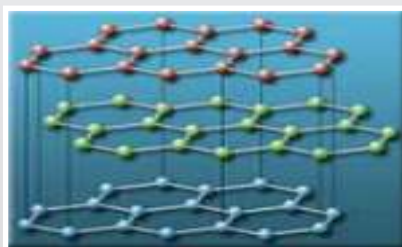
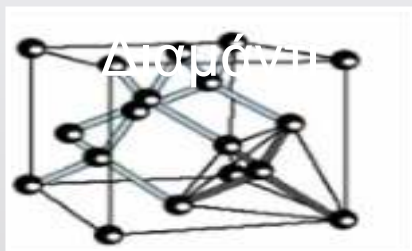
Νανοσωλήνες C

Μορφές Άνθρακα

Άνθρακας

❑ Κρυσταλλικός άνθρακας

❑ Άμορφος άνθρακας



Άμορφος άνθρακας

❑ Ο άμορφος άνθρακας είναι μια αλλοτροπική μορφή στην οποία τα άτομα άνθρακα έχουν μια διευθέτηση σε μια **μη κρυσταλλική, ακανόνιστη, υαλώδη** κατάσταση, που είναι ουσιαστικά γραφίτης, αλλά **χωρίς** να έχει μια κρυσταλλική μακροδομή.

❑ Βρίσκεται ως μια (πιθανώς συγκολλημένη) σκόνη, και είναι το κύριο συστατικό ουσιών όπως το **ξυλοκάρβουνο**, η **αιθάλη** και ο **ενεργός άνθρακας**.

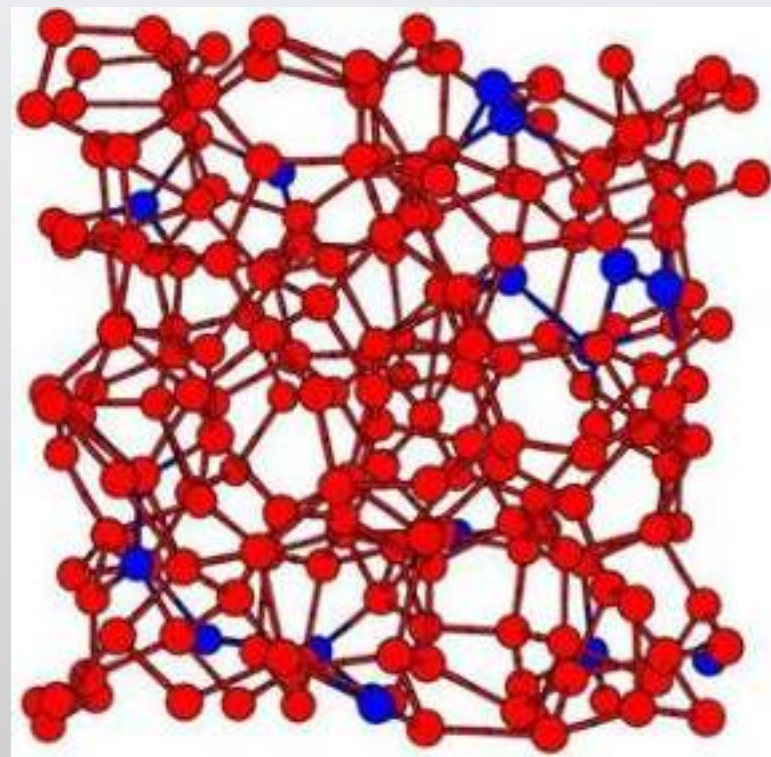


Εφαρμογές άμορφου άνθρακα



Άμορφος άνθρακας

- ▶ Ατομικό δίκτυο άμορφου άνθρακα
- ▶ Υδρογονωμένος άμορφος άνθρακας
- ▶ Diamond like carbon
- ▶ Τετραεδρικός άμορφος άνθρακας
- ▶ Απουσία κόκκων



Ιδιότητες Άμορφου άνθρακα

- ▶ Οι ιδιότητες του άμορφου άνθρακα είναι συνάρτηση του ποσοστού sp^3 και sp^2 ποσοστού που περιέχει στο δίκτυο του.
- ▶ Υψηλή σκληρότητα
- ▶ Χημική αδράνεια
- ▶ Βιοσυμβατότητα
- ▶ Οπτική διαφάνεια

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

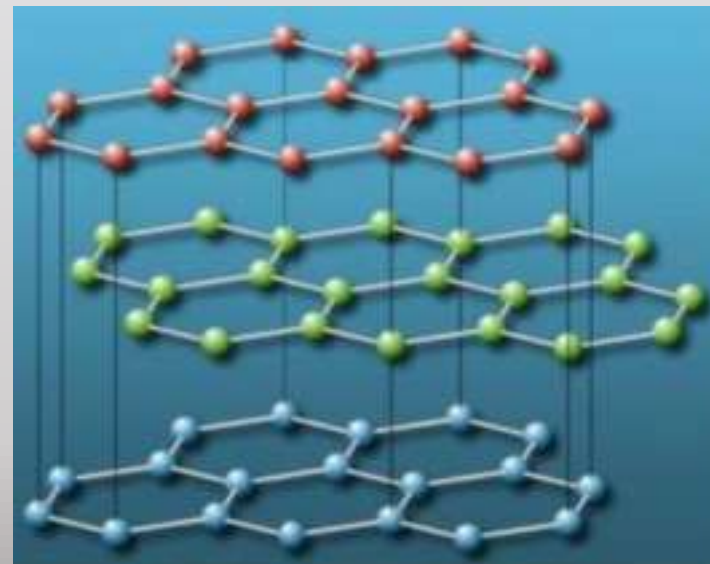
-Γραφίτης, Graphite-

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

Ορυκτή πολυμορφική μορφή του άνθρακα.

Το όνομά του προέρχεται από το αρχαίο ελληνικό γράφειν, λόγω της ιδιότητάς του να βάφει όταν τρίβεται σε μαλακή επιφάνεια.

Ο γραφίτης εμφανίζεται **μαλακός**.

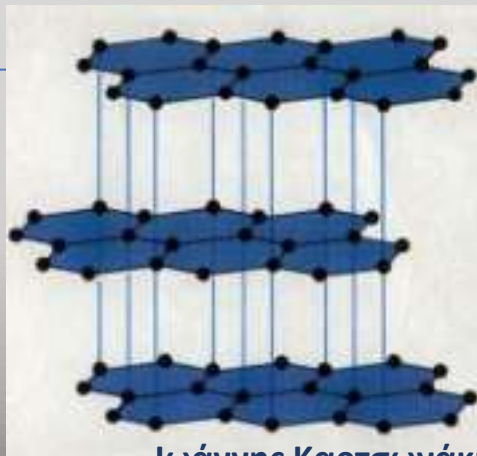


Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

-Γραφίτης, Graphite-

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

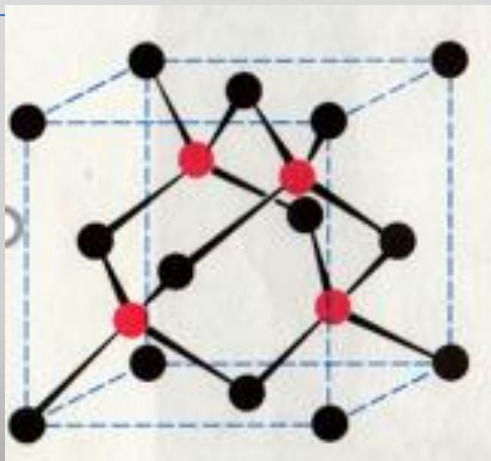
- Το κρυσταλλικό πλέγμα του **γραφίτη** αποτελείται από **στρώματα**.
- Σε κάθε στρώμα τα άτομα του άνθρακα συγκρατούνται μεταξύ τους με **ισχυρούς ομοιοπολικούς δεσμούς**, σχηματίζοντας **εξαγωνικούς** δακτυλίους.
- Οι δεσμοί αυτοί είναι **σ δεσμοί** και προκύπτουν με επικάλυψη των τριών τριγωνικά διατεταγμένων **sp^2** υβριδικών τροχιακών κάθε ατόμου άνθρακα.
- Οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ δύο γειτονικών στρωμάτων είναι ασθενείς **τύπου *van der Waals*** με αποτέλεσμα ο γραφίτης να παρουσιάζει χαμηλή αντίσταση στη διάτμηση.



Αδάμας – Διαμάντι

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

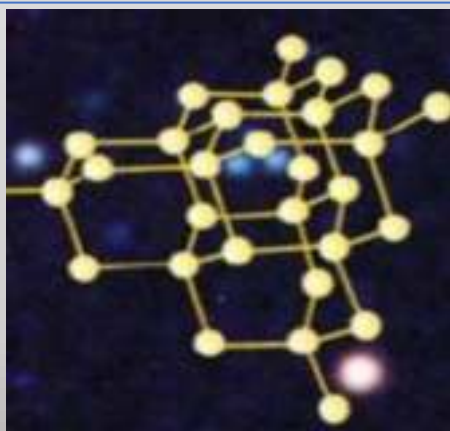
- Στο **διαμάντι** κάθε άτομο του άνθρακα ενώνεται με τέσσερα άλλα άτομα άνθρακα **τετραεδρικά διατεταγμένα**.
- Οι δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων του άνθρακα είναι σ και προκύπτουν με επικάλυψη sp^3 υβριδικών τροχιακών του άνθρακα.
- Οι δεσμοί αυτοί είναι **ισοδύναμα άκαμπτοι** και με μεγάλη αντοχή κάνοντας το διαμάντι ένα πάρα πολύ **σκληρό** υλικό.



Αδάμας – Διαμάντι

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

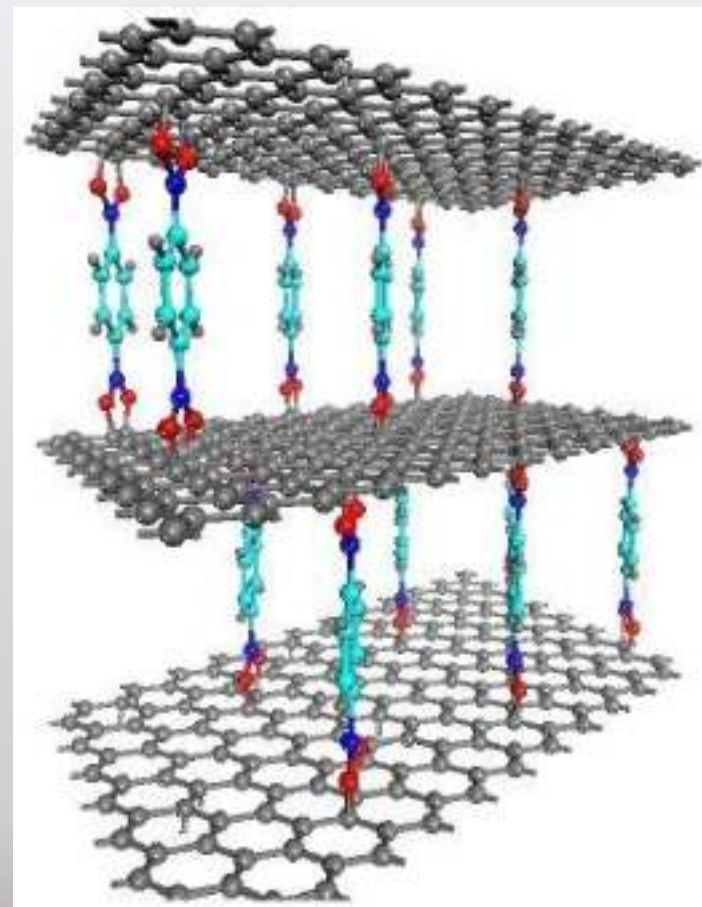
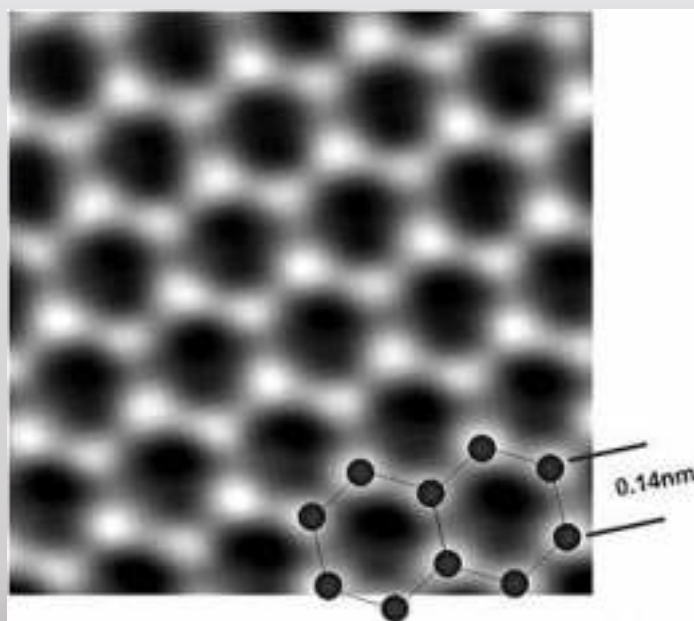
- Το διαμάντι (αρχ. ελληνικά αδάμας = αήττητος, λόγω της μεγάλης σκληρότητάς του) είναι περίφημο ορυκτό για την ισχυρή λάμψη του και την πολύ μεγάλη **σκληρότητά** του, με ιδιαίτερη διεθνή εμπορική αξία.
- Ανήκει στην οικογένεια των **αυτοφυών στοιχείων** και αποτελείται από καθαρό άνθρακα.
- Η λαμπρότητα του το κάνει τον πιο γνωστό και περιζήτητο πολύτιμο λίθο.
- Το βάρος του μετριέται με καράτια (1 καράτι = 200 χιλιοστά του γραμμαρίου).



- Γραφένιο -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

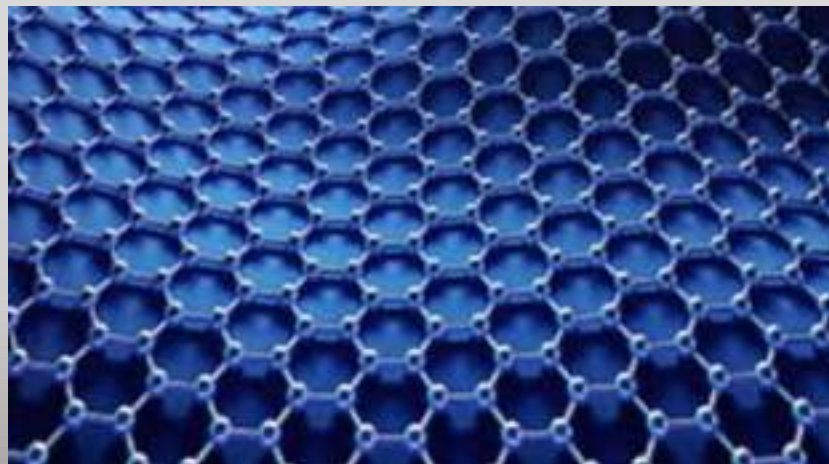
- ▶ Ένα ατομικό στρώμα – φύλλο γραφίτη
- ▶ Πάχος ενός ατόμου
- ▶ Δύο οικογένειες ατόμων C



- Γραφένιο -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Το γραφένιο **είναι** μία ξεχωριστή αλλοτροπική μορφή του άνθρακα. Πρόκειται για **δισδιάστατο πλέγμα** μορφής **κηρύθρας** μελιού.
- Μπορεί να θεωρηθεί ως **απείρου μεγέθους αρωματικό μόριο** και αποτελεί τη **βασική δομική μονάδα** για άλλες αλλοτροπικές μορφές του άνθρακα όπως του γραφίτη, των νανοσωλήνων άνθρακα, των φουλερενίων και της αιθάλης.
- Το γραφένιο έχει εξαιρετικές **ιδιότητες** όπως πολύ καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα, υψηλή διαφάνεια και μεγάλη αντοχή (αντίστοιχη με αυτή του χάλυβα).
- Το γραφένιο βρίσκει **εφαρμογές** στη βιομηχανία ηλεκτρονικών και συνθέτων υλικών.



- Γραφένιο -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

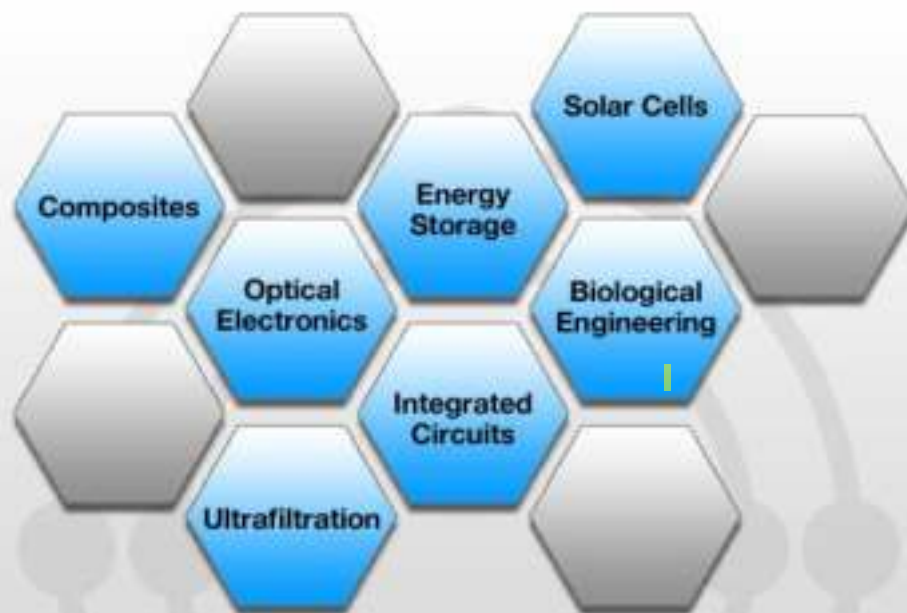
Ιδιότητες Γραφενίου

- ▶ Πολύ μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα (ευκινησία e) $RT \sim 200.000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$
 - Si : at $RT \sim 1400 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$
 - CNT: $\sim 100.000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$
 - Organic semiconductors: $<10 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$
- ▶ Ηλ. Αντίσταση $\sim 10^{-6} \Omega \text{ cm}$ - lower than silver
- ▶ High Young's modulus ($\sim 1,100 \text{ Gpa}$)
- ▶ High fracture strength (125 Gpa)
- ▶ «Το γραφένιο είναι το πιο σκληρό υλικό που έχει μετρηθεί μέχρι σήμερα, με περίπου 200 φορές καλύτερη τιμή από αυτή του ατσαλιού»

- Γραφένιο -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

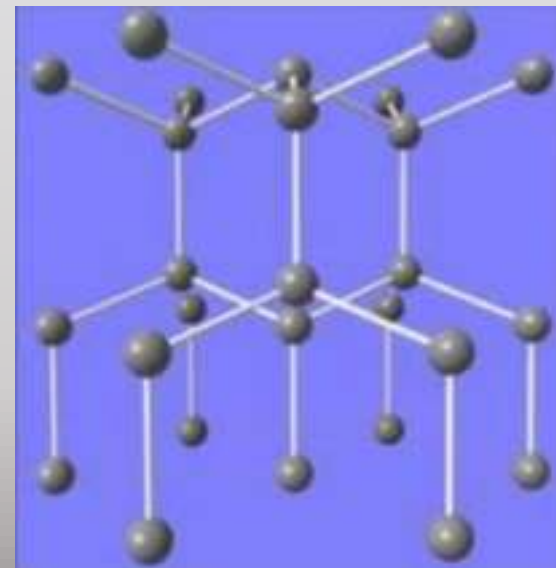
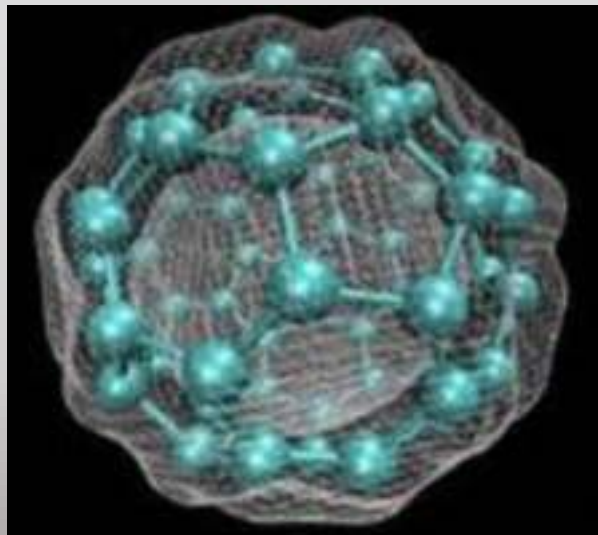
Εφαρμογές Γραφενίου



- Φουλερένια / C-60 -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

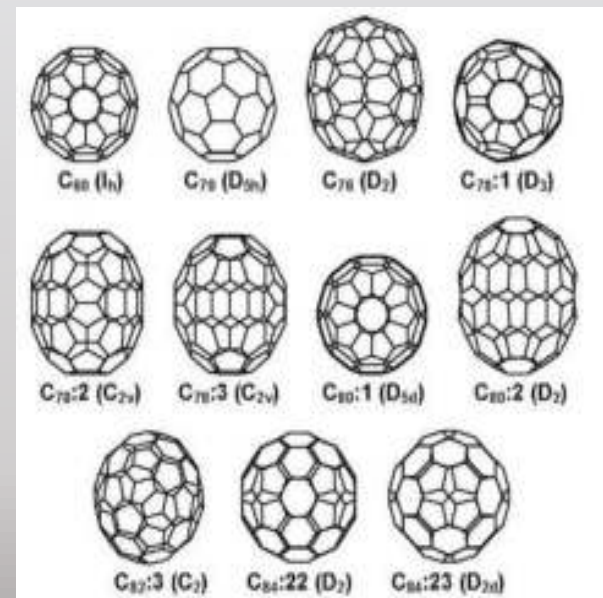
- Τα φουλερένια είναι **ανθρακικές δομές** με **σφαιρικό** σχήμα και ανακαλυφθήκαν το 1985 από τους Harold Kroto et al.
- Το πιο γνωστό φουλερένιο είναι αυτό το οποίο αποτελείται από 60 άτομα άνθρακα, C-60, το οποίο αποτελείται από 12 πεντάγωνα και 20 εξάγωνα και μοιάζει με μπάλα ποδοσφαίρου. (buckball ή buckminsterfullerene)
- Γνωστά είναι επίσης και αυτά με 70, 76 και 84 άτομα άνθρακα.



- Φουλερένια / C-60 -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- ❑ Τα μόρια των φουλερενίων απαρτίζονται από ένα **δίκτυο ατόμων άνθρακα** στην sp^2 κατάσταση σε **πεντάγωνα** και **εξάγωνα** με αποτέλεσμα να σχηματίζουν ένα **σφαιρικό μόριο κενό στο εσωτερικό του**.
- ❑ Τα φουλερενία δεν είναι περιοδικά επαναλαμβανόμενες κρυσταλλικές δομές αλλά **σαφώς καθορισμένα ξεχωριστά μόρια**.
- ❑ Λόγω των χημικών-φυσικών ιδιοτήτων τους, τα φουλερενία είχαν ευρέως αξιοποιηθεί για τις **ηλεκτρονικές, μαγνητικές, οπτικές, χημικές, βιολογικές, και ιατρικές** εφαρμογές τους.
- ❑ Το πιο κοινό μόριο φουλερενίων είναι αυτό που απαρτίζεται από 60 άτομα άνθρακα (**C₆₀**) και λόγω της υψηλής του συμμετρίας **εμφανίζει μεγαλύτερη σκληρότητα και από το διαμάντι**. Αποτελείται από **12 πεντάγωνα** και **20 εξάγωνα**, τα οποία σχηματίζουν μία κλειστή δομή όμοια με την **μπάλα ποδοσφαίρου**.



Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

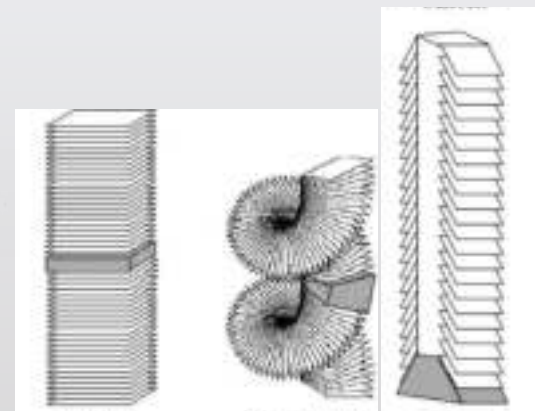
- Νανοϊνες Άνθρακα – Carbon Nanofibers (CNFs) -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Αποτελούνται από **στρώματα γραφενίου** στοιβαγμένα σε κώνους ή φύλλα με συγκεκριμένο προσανατολισμό ως προς τον άξονα της ίνας και έχουν **διαμέτρους που κυμαίνονται από 70-500 nm**, ανάλογα με τον τύπο της νανοϊνας άνθρακα και τον τρόπο σύνθεσής της.
- Υπάρχουν πολλές **μορφές νανοϊνών άνθρακα**:

(i) Οι **Νανοϊνες άνθρακα τύπου «αιμοπετάλιο»**, αποτελούνται από μικρά φύλλα γραφενίου τοποθετημένα καθέτως προς τον άξονα της ίνας με το μέγεθος τους να είναι περίπου 100 nm σε πλάτος (α).

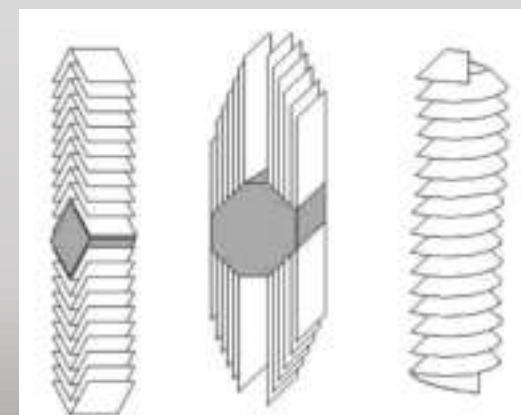
(ii) **Νανοϊνες άνθρακα τύπου «ψαροκόκκαλο»**, στους οποίους τα φύλλα γραφενίου σχηματίζουν γωνία σε σχέση με τον άξονα των ινιδίων (γ).



(α)

(β)

(γ)



(δ)

(ε)

(στ)

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

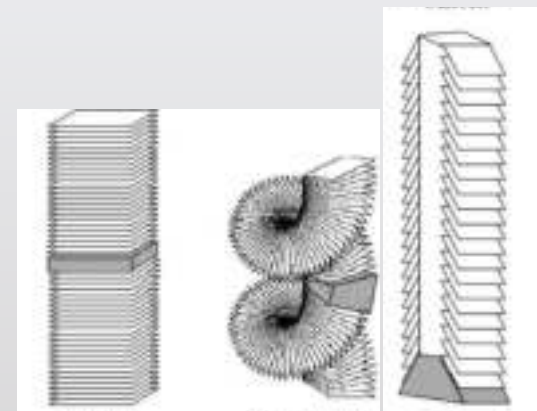
- Νανοϊνες Άνθρακα – Carbon Nanofibers (CNFs) -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

(iii) **Νανοϊνες άνθρακα τύπου «κορδέλλα»**, οι οποίοι αποτελούνται από ευθύγραμμα, ατύλιχτα γραφίτικά φύλλα που είναι παράλληλα προς τον άξονα των ινιδίων με μη κυλινδρικές διατομές (β).

(iv) Οι **Νανοϊνες άνθρακα τύπου «στοιβαγμένοι κώνοι»**, αποτελούνται από ένα συνεχές στρώμα τυλιγμένου (σπирάλ) γραφενίου κατά μήκος του άξονα της ίνας. Ο προσανατολισμός των σπирάλ των νανοϊνών αποδίδει μια διάταξη κομμένου κώνου κατά μήκος του άξονα με έναν ευρύ εσωτερικό άδειο χώρο (στ).

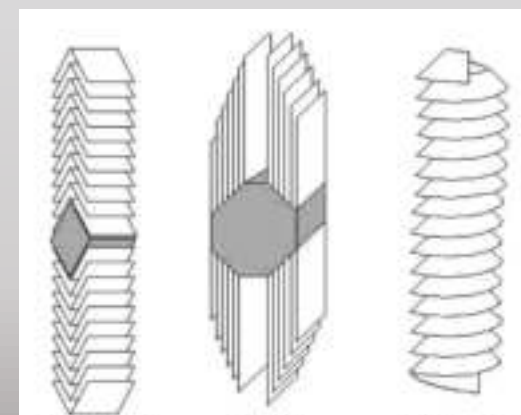
(v) Οι **«Συμπυκνωμένες νανοϊνες άνθρακα»**, αποτελούνται από μια βασική δομή μίας CNF, αλλά με απόθεση άμορφου άνθρακα στην επιφάνεια των τοιχωμάτων (δ, ε).



(α)

(β)

(γ)



(δ)

(ε)

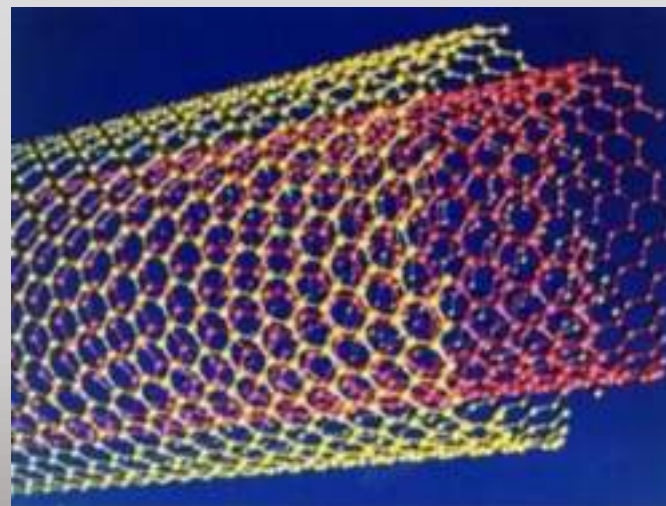
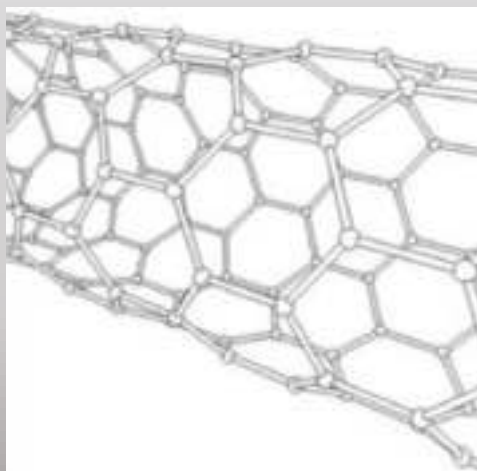
(στ)

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

- Οι νανοσωλήνες άνθρακα είναι **ομόκεντροι κύλινδροι γραφίτη** και ανακαλύφθηκαν το 1991 από τον Sumio Iijima.
- Οι νανοσωλήνες σχηματίζουν σωλήνα εσωτερικής διαμέτρου 1nm και μανδύα από αλλεπάλληλα στρώματα εξαγωνικών δικτύων άνθρακα.
- Σημαντικές ιδιότητές τους: μεγάλη αντοχή, χαμηλό βάρος, σταθερότητα, ευκαμψία, καλή θερμική αγωγιμότητα, το μεγάλο εμβαδόν επιφανείας και πολλές άλλες ηλεκτρικές ιδιότητες.



Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes - (Κρυσταλλικός άνθρακας)

Οι νανοσωλήνες (Iijima, 1991) είναι φτιαγμένοι από επίπεδα γραφενίου που έχουν περιστραφεί για να δημιουργήσουν κυλίνδρους των οποίων τα άκρα καλύπτονται από ημισφαιρικές δομές παρόμοιες με αυτές των φουλερενίων.

➤ Όπως και στον γραφίτη τα άτομα του άνθρακα είναι sp^2 υβριδισμένα.

Οι νανοσωλήνες μπορεί να είναι:

- **πολυφλοιϊκοί** με ένα κεντρικό σωλήνα να περιβάλλεται από περισσότερα του ενός στρώματα γραφίτη.
- **μονοφλοιϊκοί** όπου υπάρχει μόνο ένας σωλήνας και καθόλου επιπλέον στρώματα γραφίτη.

Όταν νανοσωλήνες ομαδοποιούνται έχουμε τις λεγόμενες
συστοιχίες νανοσωλήνων (nanotubes bundles)

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

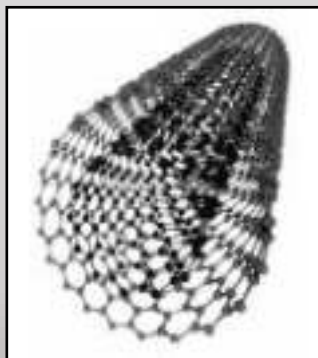
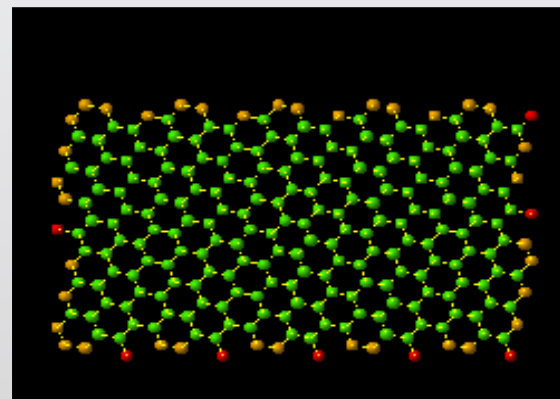
- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)



Μονοφλοιϊκοί νανοσωλήνες (SWCNTs)

- Κυλινδρικό κέλυφος με πάχος όσο αυτό ενός μόνο ατόμου
- D_{SWNTs} : 0,6-2,0 nm



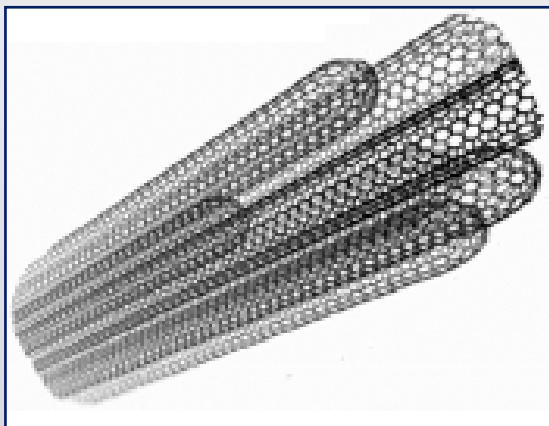
Πολυφλοιϊκοί νανοσωλήνες (MWCNTs)

- Ομοαξονικούς κυλίνδρους με μήκος μm
- D_{MWNTs} : 2-100nm
- Οι διαδοχικές ομοαξονικές κυλινδρικές επιφάνειες απέχουν μεταξύ τους $3,4 \text{ \AA}$

Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

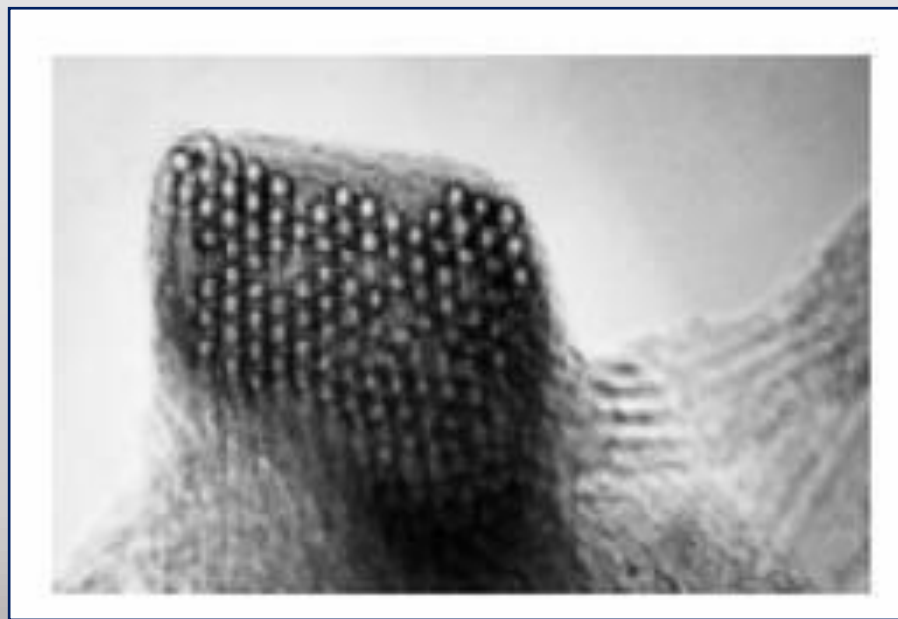
- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)



Συστοιχία νανοσωλήνων

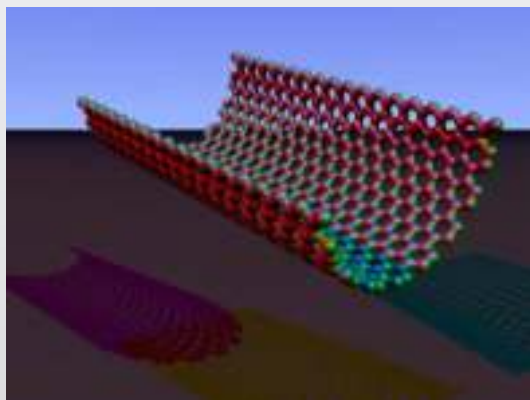
SEM εικόνα συστοιχίας
νανοσωλήνων



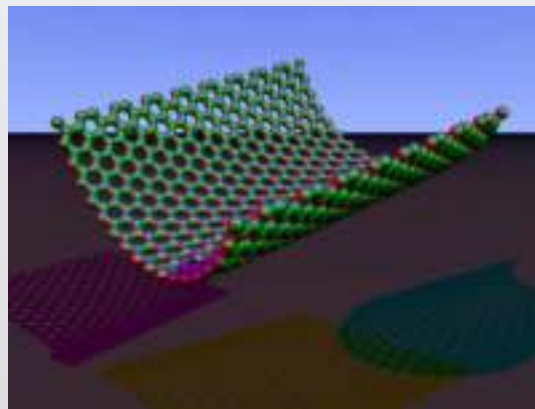
Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

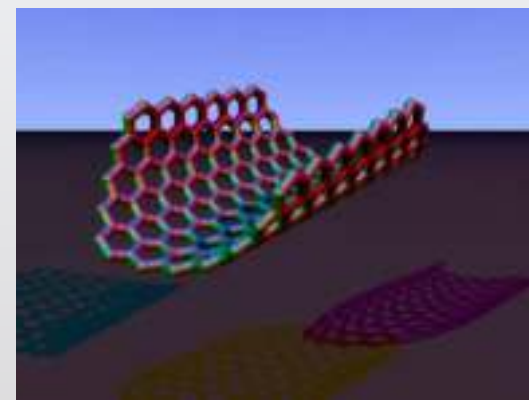
(Κρυσταλλικός άνθρακας)



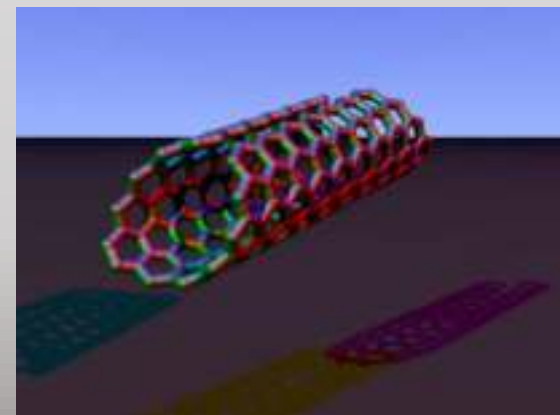
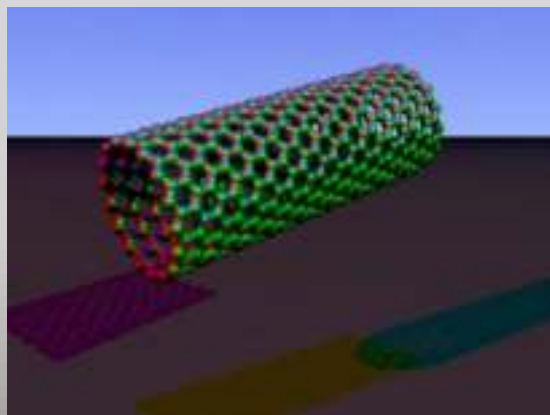
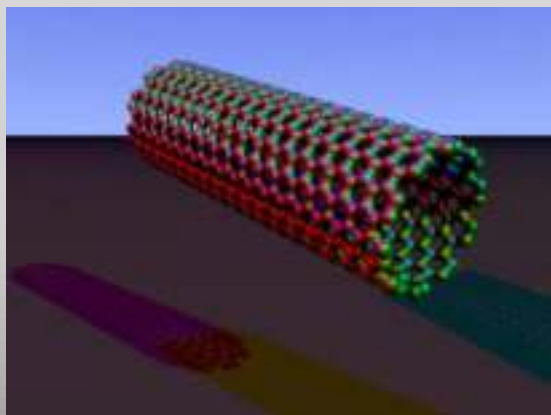
Δομή armchair (πολυθρόνας)



Δομή zig zag



Δομή χειραλική

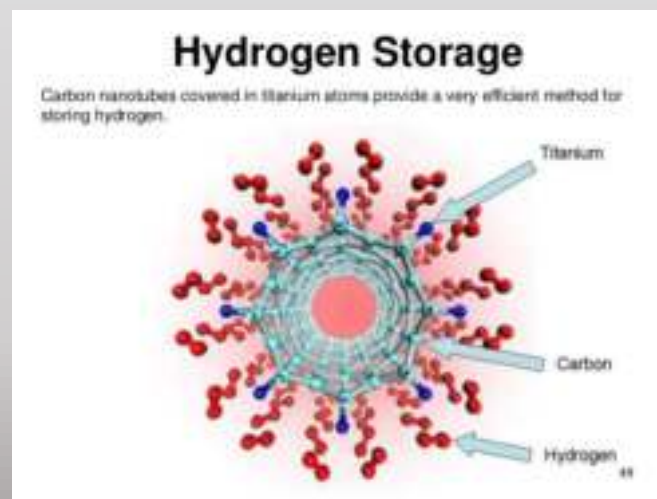
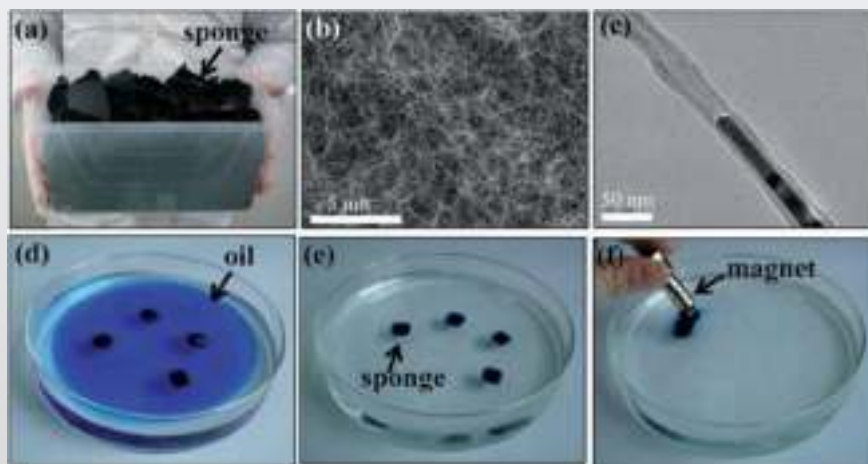


Αλλοτροπικές Μορφές Άνθρακα

- Νανοσωλήνες Άνθρακα – nanotubes -

(Κρυσταλλικός άνθρακας)

Εφαρμογές



Ευχαριστώ για την προσοχή σας

Ιωάννης Καρτσωνάκης