



JAGIELLONIAN UNIVERSITY
IN KRAKOW



Chemia nieorganiczna

Małgorzata Krzeczowska

Gabriela Grzybek



Układ okresowy

prawo okresowości

w szeregu pierwiastków uporządkowanych
według rosnących wartości
liczb atomowych właściwości fizyczne i chemiczne
zmieniają się periodycznie

Diagram of the periodic table illustrating the periodic law and the arrangement of elements.

The table is color-coded by groups:

- s** (red): Groups 1 and 2 (alkali and alkaline earth metals).
- d** (blue): Groups 3 through 10 (transition metals).
- p** (orange): Groups 13 through 18 (main group elements).
- f** (green): Groups 3 and 4 (lanthanides and actinides).

The diagram also shows the Lantanowce (Lanthanides) and Aktynowce (Actinides) series, which are part of the f-block.

okresy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
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	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uuq					

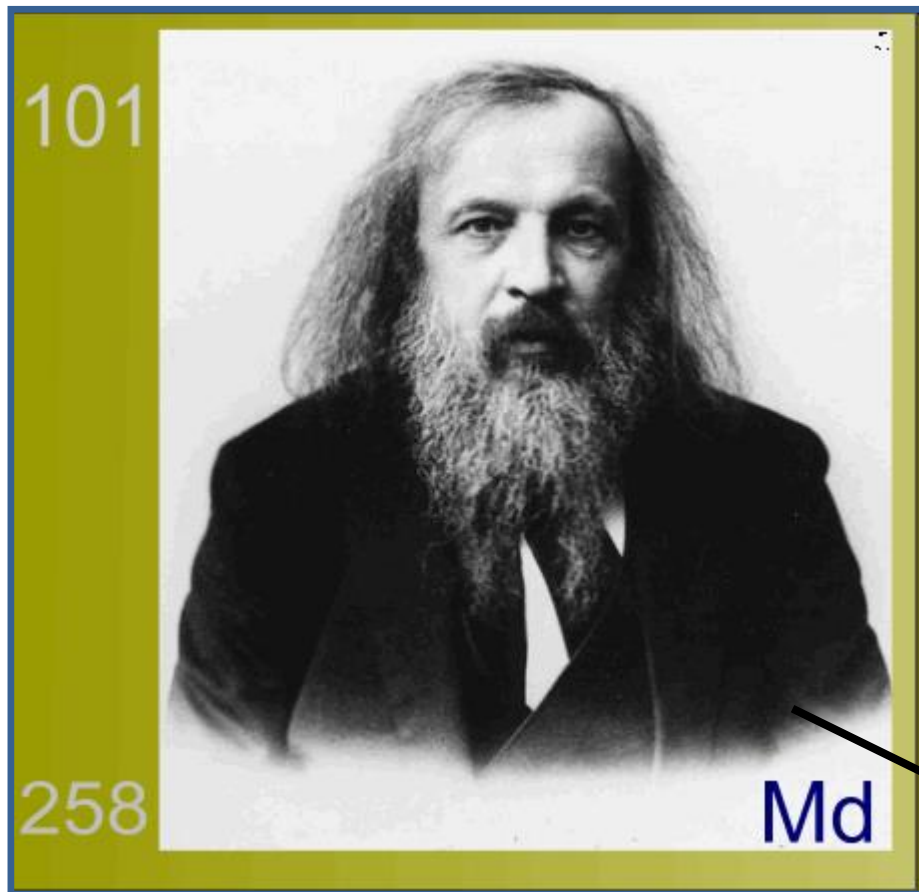
Lantanowce

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

Aktynowce



Dmitri Mendeleev (1869)



twórca pierwowzoru obecnego układu
okresowego pierwiastków

						VIII A					
						2	He				
						Helium	4.0026				
						IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	
						5	6	7	8	9	10
						B	C	N	O	F	Ne
						Boron	Carbon	Nitrogen	Oxygen	Flourine	Neon
						10.811	12.01115	14.0067	15.9994	18.9984	20.183
						13	14	15	16	17	18
						Al	Si	P	S	Cl	Ar
						Aluminum	Silicon	Phosphorus	Sulfur	Chlorine	Argon
						26.9815	28.086	30.9738	32.064	35.453	39.948
28	29	30	31	32	33	34	35	36			
Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr			
Nickel	Copper	Zinc	Gallium	Germanium	Arsenic	Selenium	Bromine	Krypton			
58.71	63.546	65.37	69.72	72.59	74.9216	78.96	79.904	83.80			
46	47	48	49	50	51	52	53	54			
Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe			
Palladium	Silver	Cadmium	Indium	Tin	Antimony	Tellurium	Iodine	Xenon			
106.4	107.868	112.40	114.82	118.69	121.75	127.60	126.9044	131.30			
78	79	80	81	82	83	84	85	86			
Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn			
Platinum	Gold	Mercury	Thallium	Lead	Bismuth	Polonium	Astatine	Radon			
195.09	196.967	200.59	204.37	207.19	208.980	(210)	(210)	(222)			

64	65	66	67	68	69	70	71
Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutetium
157.25	158.924	162.50	164.930	167.26	168.934	173.04	174.97
96	97	98	99	100	101	102	103
Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Curium	Berkelium	Californium	Einsteinium	Fermium	Mendelevium	Nobelium	Lawrencium
(247)	(247)	(251)	(254)	(257)	(258)	(259)	(260)





postać Stowca

■ - gazy
■ - ciecze temp. topn. poniżej 20°C
■ - ciała stałe
■ - pierwiastki otrzymane sztucznie

postać Tarantoli

postać Tarantoli

LEGENDA

- gazy
- ciecze temp. topn. poniżej 20°C
- ciała stałe
- pierwiastki otrzymane sztucznie

																1	2														
																H	He														
																3	4														
																Li	Be														
																5	6	7	8	9	10	11	12								
																B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg								
																13	14	15	16	17	18	19	20								
																Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca								
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38														
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr														
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56														
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba														
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra
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																	

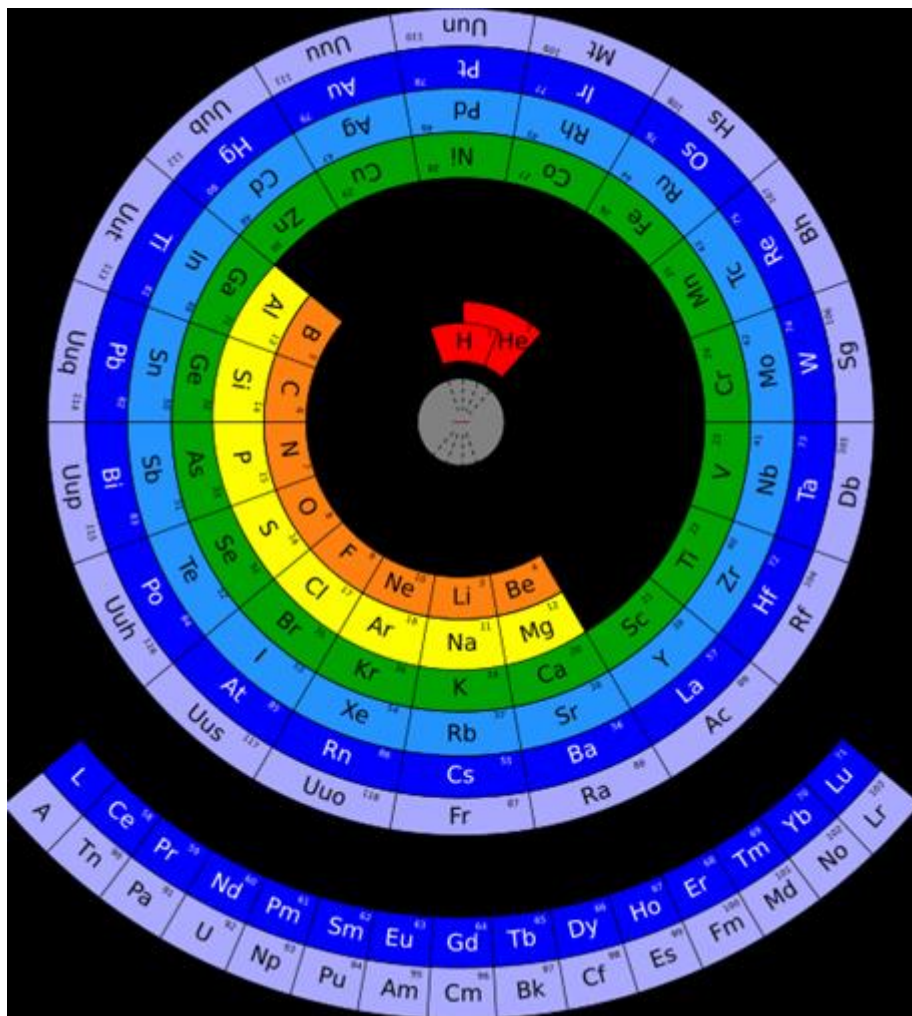


postać trójkątna Zmaczynskiego i Bayley'a

[illegible]

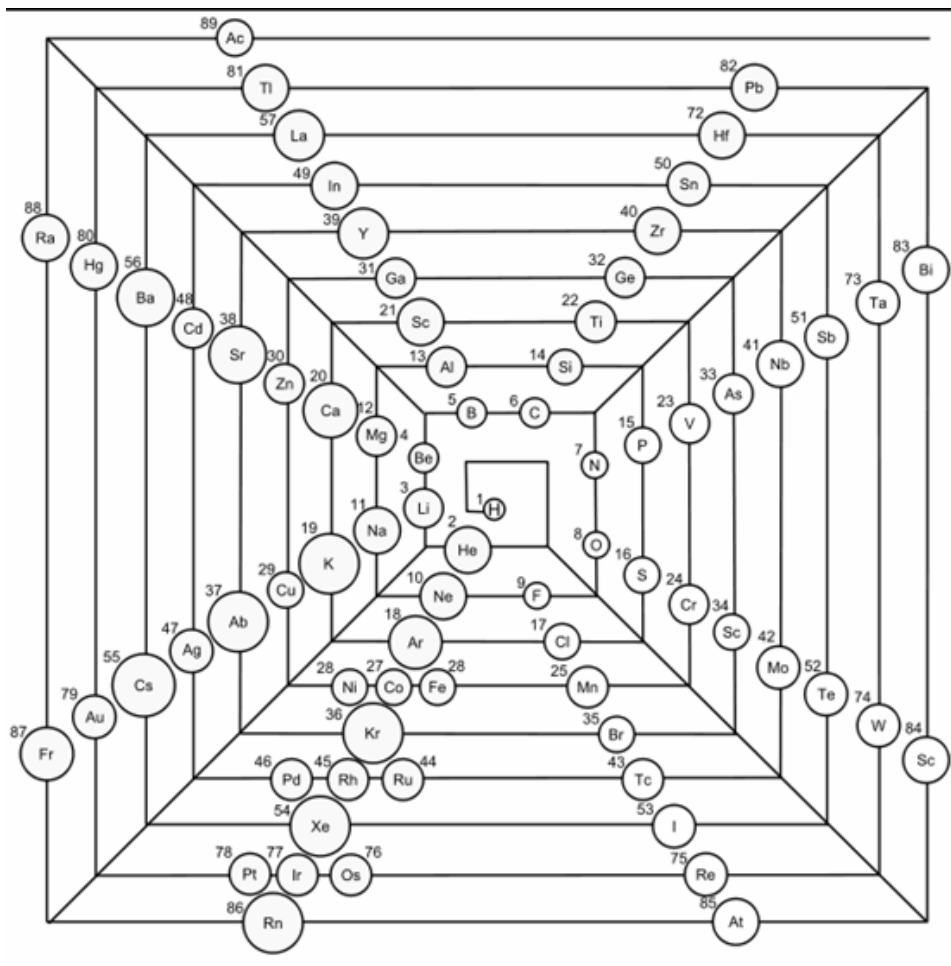


postać okrągła Mohda Abubakra z Indii





postać piramidalna





Aktualna liczba pierwiastków???

Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej IUPAC

109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
<u>Mt</u>	<u>Ds</u>	<u>Rg</u>	<u>Cn</u>	<u>Uut</u>	<u>Fl</u>	<u>Uup</u>	<u>Lv</u>	<u>Uus</u>	<u>Uuo</u>

*Elements 113, 115, 117, and 118 are now formally named nihonium (Nh),
moscovium (Mc), tennessine (Ts), and oganesson (Og)*



Metale alkaliczne

Metale ziem alkalicznych

Metale przejściowe

Halogeny

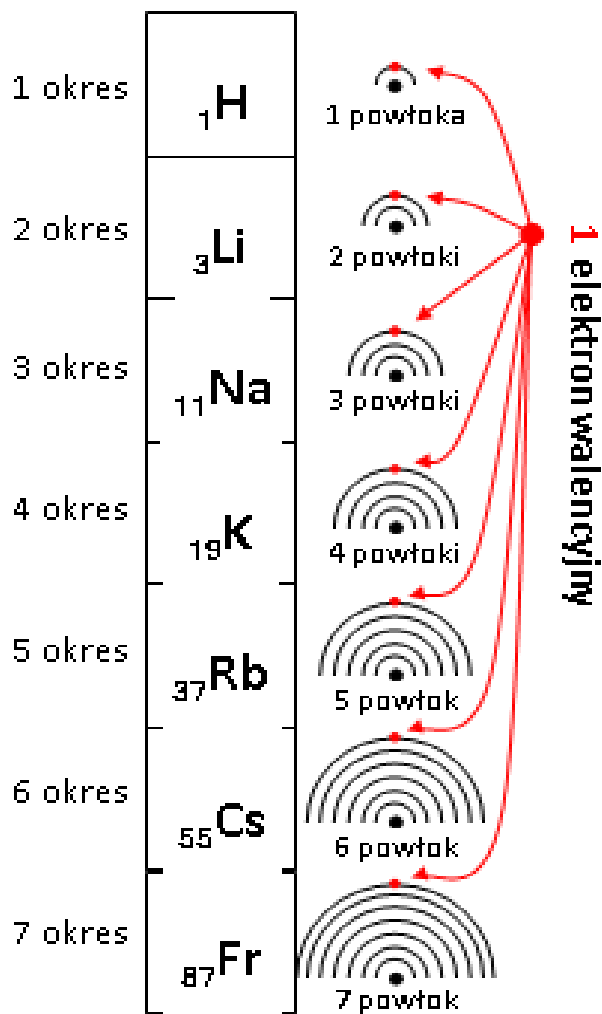
Gazy szlachetne

1	2											13	14	15	16	17	18
1 1 H 1.008																	2 10 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	71 Lu 175.0	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po 209.0	85 At 210.0	86 Rn 222.0
87 Fr 223.0	88 Ra 226.0	103 Lr 262.1	104 Rf 261.1	105 Db 262.1	106 Sg 263.1	107 Bh 264.1	108 Hs 265.1	109 Mt 268	110 Uun 269	111 Uuu 272	112 Uub 277	113 Uut	114 Uuq 289	115 Uup	116 Uuh 289	117 Uus	118 Uuo 293
		57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm 146.9	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0		
		89 Ac 227.0	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np 237.0	94 Pu 244.1	95 Am 243.1	96 Cm 247.1	97 Bk 247.1	98 Cf 251.1	99 Es 252.0	100 Fm 257.1	101 Md 258.1	102 No 259.1		

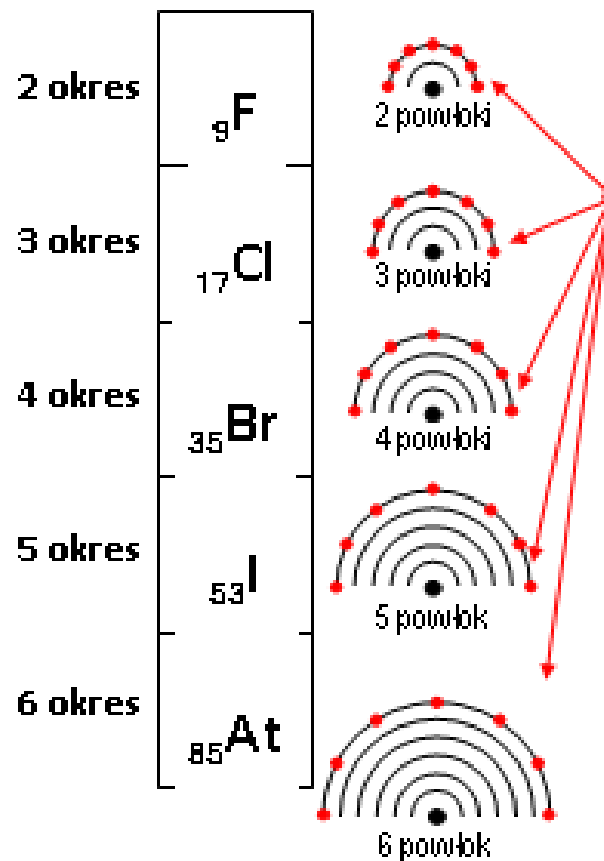
Lantanowce i aktynowce



1



Grupa 17 (fluorowce)





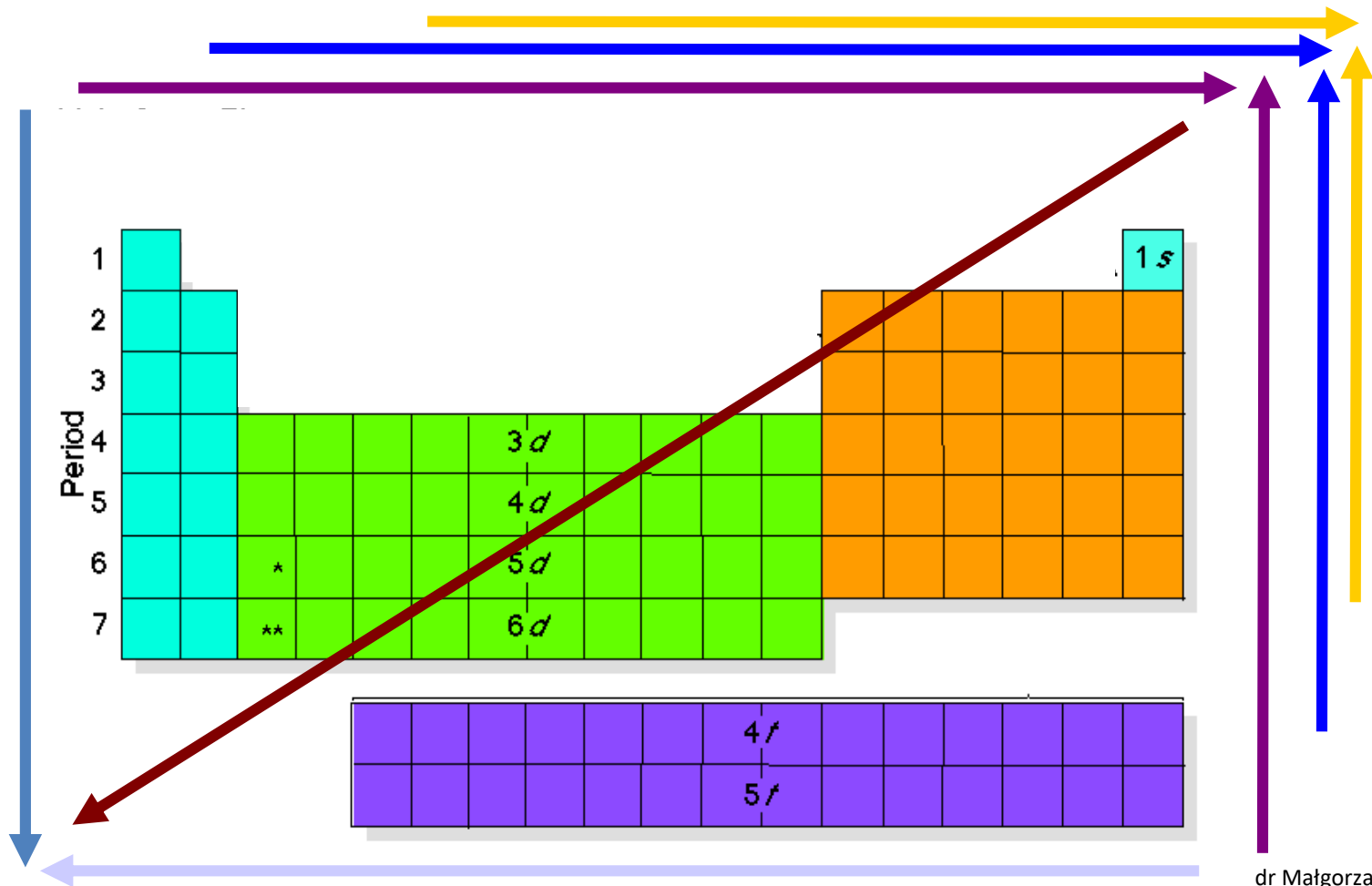
	1	2											13	14	15	16	17	18
3	$_{11}\text{Na}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^1$	$_{12}\text{Mg}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^2$											$_{13}\text{Al}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^3$	$_{14}\text{Si}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^4$	$_{15}\text{P}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^5$	$_{16}\text{S}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^6$	$_{17}\text{Cl}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^7$	$_{18}\text{Ar}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8$
4	$_{19}\text{K}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8\text{N}^1$	$_{20}\text{Ca}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8\text{N}^2$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$_{31}\text{Ga}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^{18}\text{N}^3$	$_{32}\text{Ge}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^{18}\text{N}^4$	$_{33}\text{As}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^{18}\text{N}^5$	$_{34}\text{Se}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^{18}\text{N}^6$	$_{35}\text{Br}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^{18}\text{N}^7$	$_{36}\text{Kr}$ $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^{18}\text{N}^8$
			$_{21}\text{Sc}$	$_{22}\text{Ti}$	$_{23}\text{V}$	$_{24}\text{Cr}$	$_{25}\text{Mn}$	$_{26}\text{Fe}$	$_{27}\text{Co}$	$_{28}\text{Ni}$	$_{29}\text{Cu}$	$_{30}\text{Zn}$						



charakter metaliczny
promień atomowy

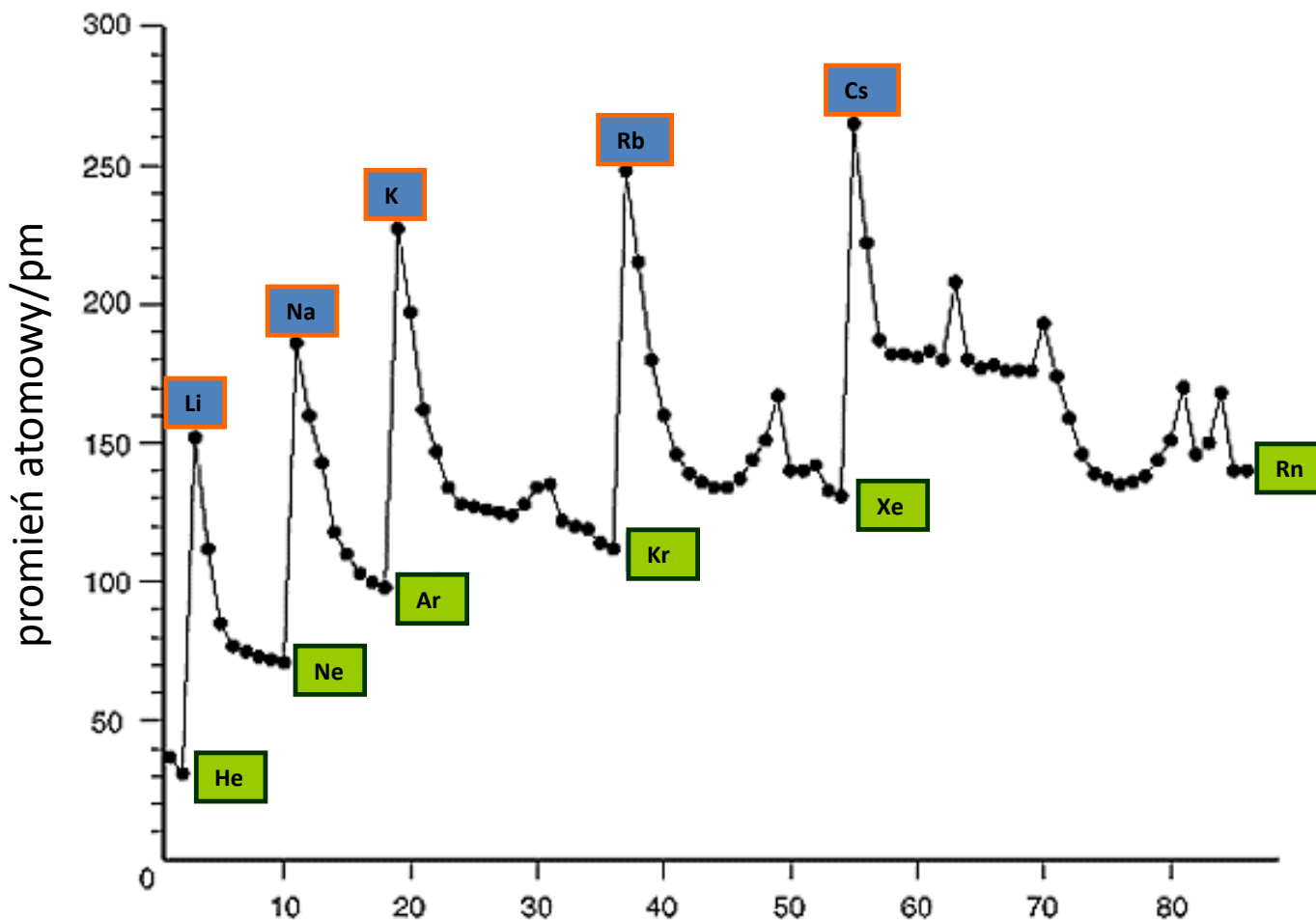
elektroujemność
energia jonizacji

powinowactwo elektronowe



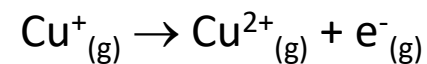


PROMIEŃ ATOMOWY

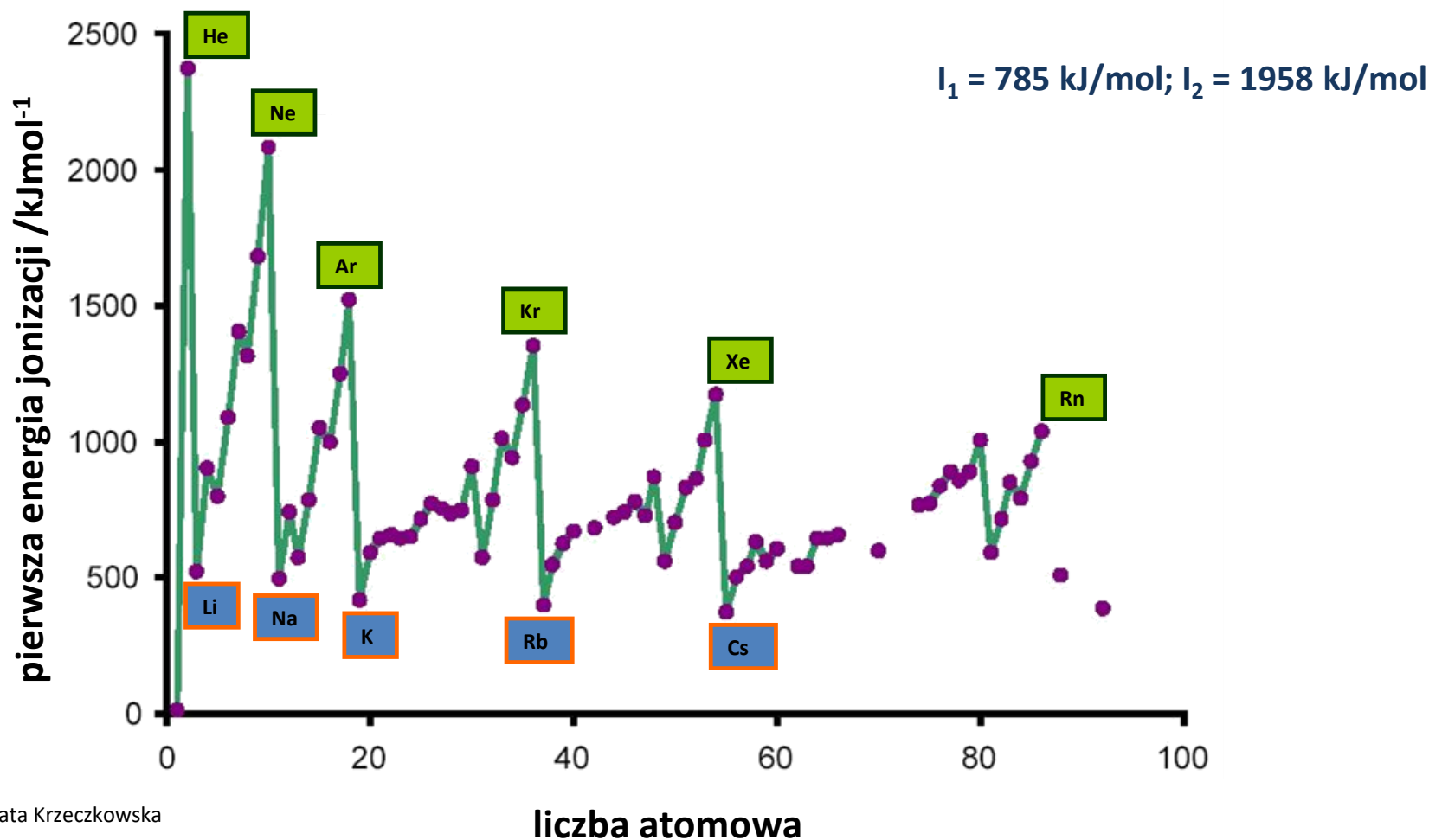




ENERGIA JONIZACJI



$$I_1 = (\text{energia Cu}^+ + e^-) - (\text{energia Cu})$$



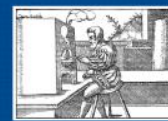


ENERGIA JONIZACJI

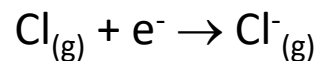
		grupa						18	
		1	2	13	14	15	16	17	
okres					H 1310				He 2370
	2	Li 519	Be 900	B 799	C 1090	N 1400	O 1310	F 1680	Ne 2080
	3	Na 494	Mg 736	Al 577	Si 786	P 1011	S 1000	Cl 1255	Ar 1520
	4	K 418	Ca 590	Ga 577	Ge 784	As 947	Se 941	Br 1140	Kr 1350
	5	Rb 402	Sr 548	In 556	Sn 707	Sb 834	Te 870	I 1008	Xe 1170
	6	Cs 376	Ba 502	Tl 590	Pb 716	Bi 703	Po 812	At 1037	Rn 1036

energia jonizacji, kJ/mol

- 2001–2500
- 1501–2000
- 1001–1500
- 501–1000
- 1–500



POWINOWACTWO ELEKTRONOWE



$$E_{\text{p.e.}} = (\text{energia Cl} + e^-) - (\text{energia Cl}^-)$$

		grupa						18	
		1	2	13	14	15	16	17	
		H +73						He <0	
		Li +60	Be ≤ 0	B +27	C +122	N -7	O +141 -844	F +328	Ne <0
		Na +53	Mg ≤ 0	Al +43	Si +134	P +72	S +200 -532	Cl +349	Ar <0
		K +48	Ca +2	Ga +29	Ge +116	As +78	Se +195	Br +325	Kr <0
		Rb +47	Sr +5	In +29	Sn +116	Sb +103	Te +190	I +295	Xe <0
		Cs +46	Ba +14	Tl +19	Pb +35	Bi +91	Po +174	At +270	Rn <0

powinowactwo
elektronowe,
kJ/mol

> 300

200-300

100-200

0-100

< 0



Metale alkaliczne - litowce

Li, Na, K, Rb, Cs, Fr



M
e
t
a
l
e
a
l
k
a
l
i
c
z
n
e



© 2007 Theodore Gray, periodictable.com

Li
Lit



© 2007 Theodore Gray, periodictable.com

K
Potas



$T_{\text{top}} = 28.5^{\circ}\text{C}$



riodictable.com

Na
Sód



© 2007 Theodore Gray, p

Rb
Rubid



M
e
t
a
l
e
a
l
k
a
l
i
c
z
n
e

Występują w przyrodzie w stanie związanym.

Najbardziej rozpowszechnione są sód (halit NaCl i saletra chilijska NaNO_3) i potas (sylwin KCl i saletra indyjska KNO_3).

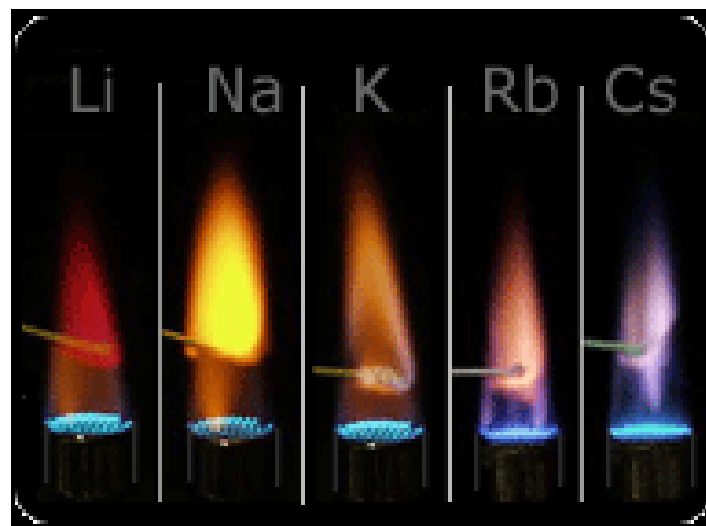
Frans pojawia się w ilościach śladowych jako produkt rozpadu aktynu (^{223}Fr – najtrwalszy izotop: $t_{1/2} = 21\text{min}$).

Srebrzystobiałe i miękkie
(można je kroić nożem).

Należą do najlepszych przewodników elektryczności.

Charakteryzują się małą gęstością

(Li – najlżejszy metal, Na i K mają gęstość mniejszą od H_2O)





Otrzymywanie litowców

Wydzielanie litowców w stanie wolnym przeprowadza się na drodze:

- **elektrolizy stopionych wodorotlenków lub soli (chlorków)**
- **rozkładu termicznego azotków**
- **redukcji chlorków za pomocą metalicznego wapnia (Rb i Cs)**



- **Sole litowców są bezbarwne i w większości łatwo rozpuszczalne w wodzie**
- **W roztworach wodnych kationy litowców ulegają hydratacji (najsilniejsza w przypadku Li^+)**
- **Praktycznie wszystkie sole Li zawierają wodę krystalizacyjną, uwodnionych jest także wiele soli Na, nieliczne sole potasu. Sole Cs i Rb są bezwodne.**

Lit w odróżnieniu od pozostałych litowców tworzy trudno rozpuszczalny:
 Li_2CO_3 oraz Li_3PO_4



Ogólna charakterystyka

- **Konfiguracja: ns^1**
- **Niskie energie jonizacji (małe wartości elektroujemności)**
- **Tworzą kationy E^+ → silne właściwości redukujące**
- **Typowy stopień utlenienia: I**
- **Wzrost aktywności wraz ze wzrostem liczby atomowej**
- **Największy w danym okresie promień atomowy oraz
największy promień jonowy**



Reaktywność

Litowce, ich tlenki i wodorotlenki mają charakter zasadowy

- Reakcja litowców z wodą

Lit reaguje spokojnie, sód energicznie, potas i rubid zapalają się, cz. wybuchają.



- Reakcja litowców z kwasami



- Reakcja litowców z niemetalami (fluorowce, siarka, azot, węgiel, wodór)





Reaktywność

Litowce reagują z tlenem tworząc tlenki, nadrtlenki i ponadrtlenki

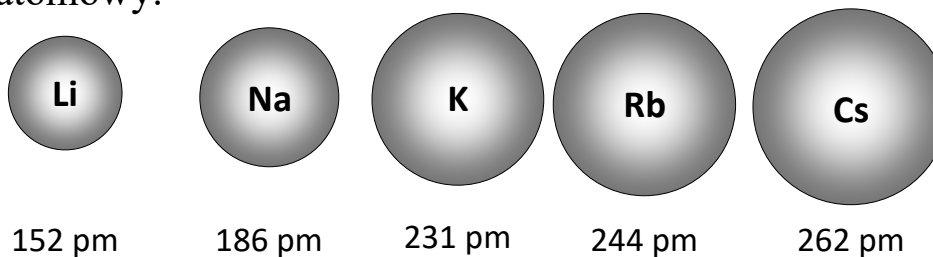
W reakcji z tlenem atmosferycznym tylko lit tworzy tlenek (370K), pozostałe metale w temperaturze pokojowej tworzą nadrtlenki lub mieszaniny nadrtlenków i ponadrtlenków.





Wraz ze wzrostem liczby atomowej w grupie litowców zmieniają się następujące właściwości:

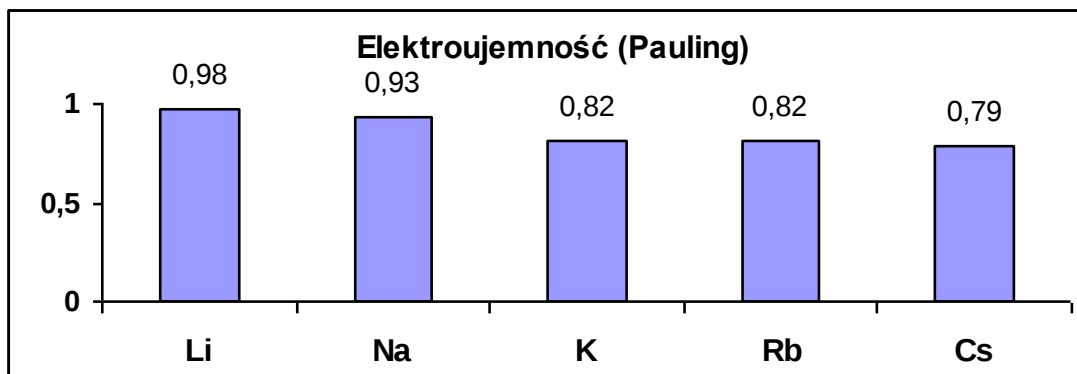
- rośnie promień atomowy:



- rośnie aktywność chemiczna:

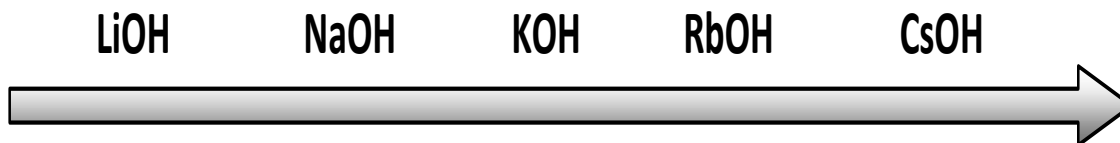


- zmniejsza się elektroujemność:

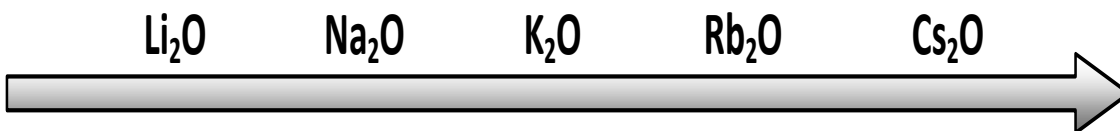




- wzrasta moc zasad:

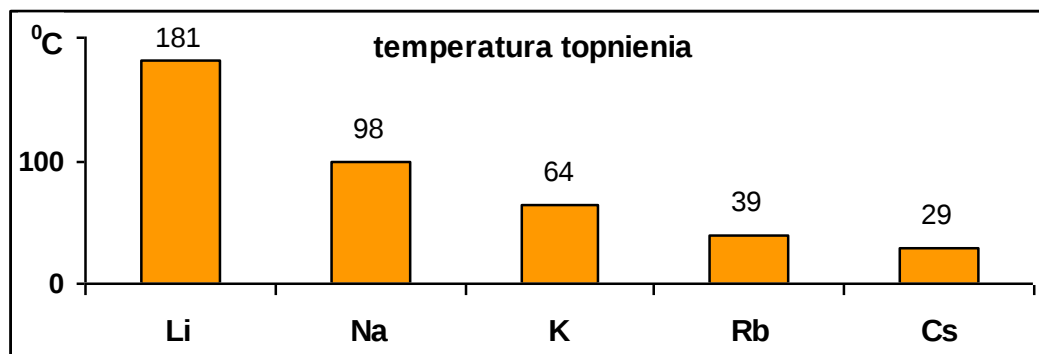


- rośnie charakter zasadowy tlenków:

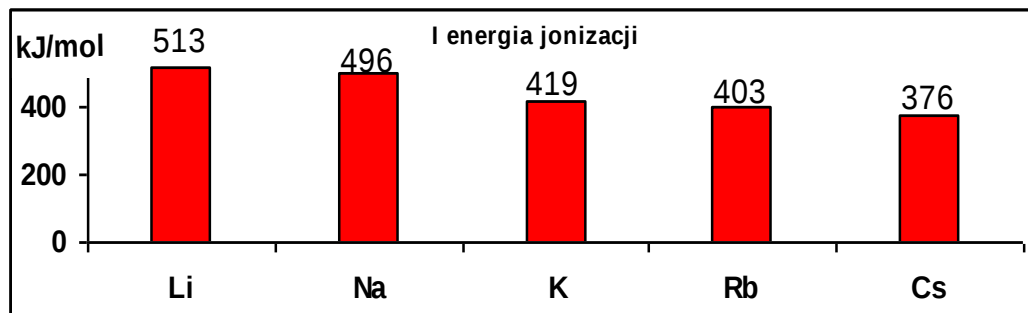




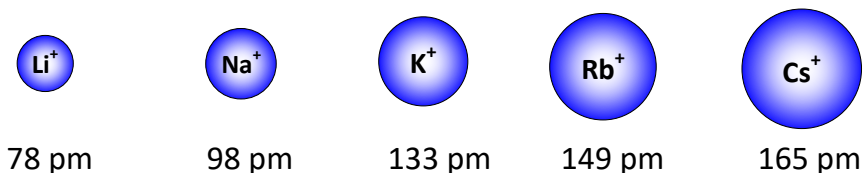
- *zmniejsza się temperatura topnienia*

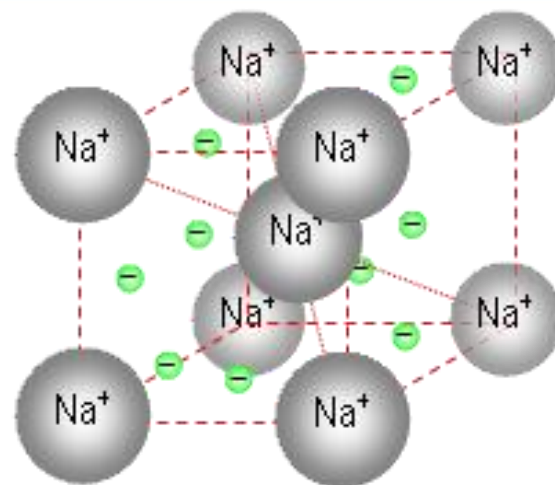


- *zmniejsza się energia jonizacji:*

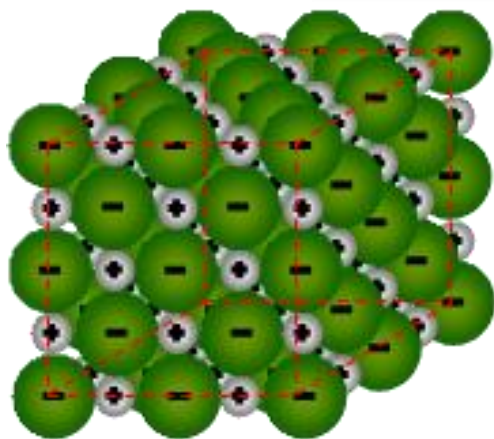


- *rośnie promień jonowy:*

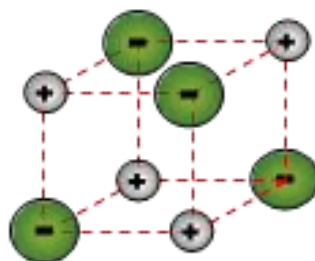




Zdjęcie próbki sodu i jego struktura krystaliczna



Model kryształu chlorku sodu NaCl



Kryształ chlorku sodu NaCl



Metale ziem alkalicznych - berylowce

Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra
1898r.





Mg



Ca



Ba



Ra



B
e
r
y
l
l
o
w
c
e



Ogólna charakterystyka

- Konfiguracja: ns^2
- Typowy stopień utlenienia: II
- Tworzą kationy $E^{2+} \rightarrow$ silne właściwości redukujące
- Wzrost aktywności wraz ze wzrostem liczby atomowej



Spotykane w przyrodzie wyłącznie w związkach.

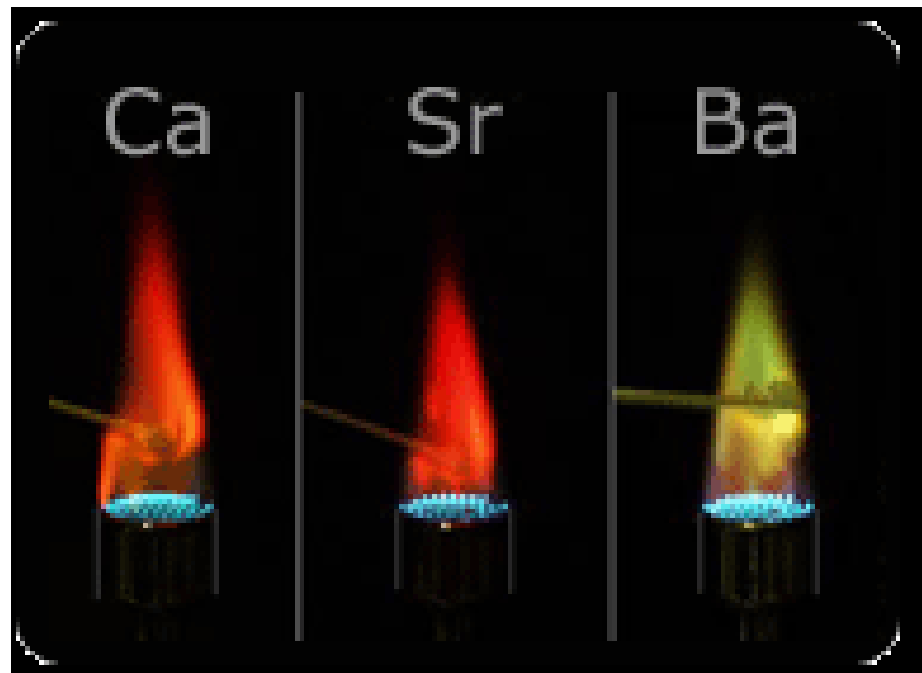
Najczęściej spotykane: wapń i magnez (wapień CaCO_3 , magnezyt MgCO_3 ,

B dolomit $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$, CaSO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaCl_2 i MgCl_2).

e Srebrzystobiałe metale.

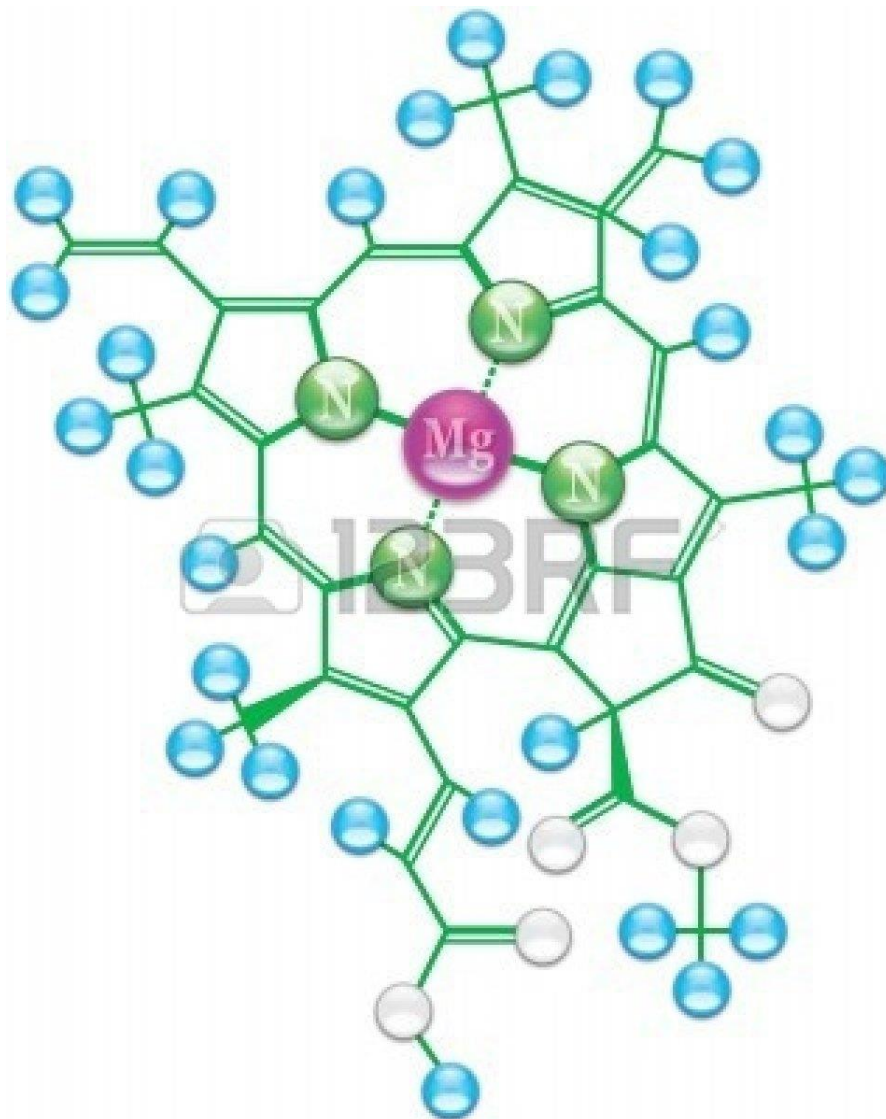
r Beryl jest kruchy i stosunkowo twardy ale pozostałe metale można kroić nożem.

y
i
o
w
c
e



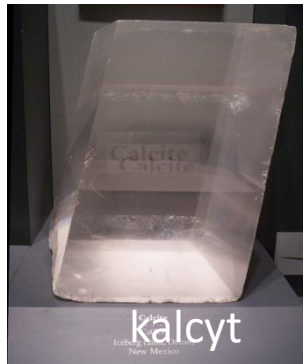


CHLOROFIL

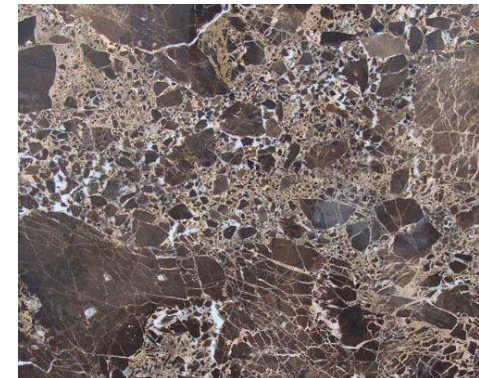




WĘGLAN WAPNIA



MARMUR – zwarta odmiana węglanu wapnia





$\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ - glinokrzemian berylu

szmaragd



akwamaryn



goshenit



bixbit $\text{Be}_3(\text{AlMn})_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$



dr Małgorzata Krzeczowska

heloidor



morganit





Reaktywność

Berylowce, ich tlenki i wodorotlenki (z wyjątkiem berylu) mają charakter zasadowy

- Reakcja berylowców z wodą

Be nie reaguje, Mg gwałtownie reaguje w temp. przynajmniej 70°C,

Ca reaguje bardzo wolno z zimną wodą, pozostałe energicznie.



- Reakcja berylowców z kwasami



- Reakcja berylowców z niemetalami (fluorowce, siarka, azot, węgiel, wodór)





Amfoteryczność berylu

Beryl, jest jedynym pierwiastkiem bloku s wykazującym charakter amfoteryczny

Małe rozmiary atomu →

duża elektroujemność →

wiązania kowalencyjne





Reaktywność

Berylowce reagują z tlenem tworząc tlenki

(Ca, Sr i Ba tworzą nadtlutki; Mg tworzy tylko uwodniony nadtlutek)





Twardość wody

Obecność wodorowęglanów, chlorków i siarczanów wapnia i magnezu wywołuje tzw. twardość wody, utrudniającą pienienie się mydła i innych środków piorących.

Twardość przemijająca

Gotowanie wody → kamień kotłowy:





Usuwanie Twardości wody trwałej (nieprzemijającej) - obecność chlorków

lub siarczanów - destylacja lub demineralizacja za pomocą jonitów.

Jonity-substancje wielocząsteczkowe, które można przedstawić

schematycznie Kt-H (kationity) lub An-OH (anionity).

Kationity wymieniają kationy z roztworu na jony H^+ :



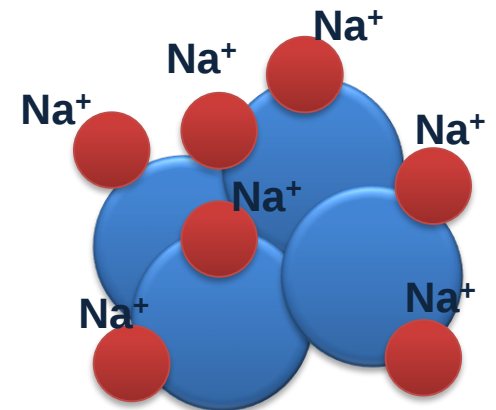
Regeneracja kationitu:



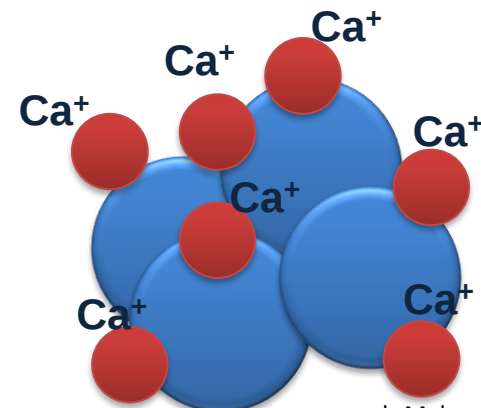
Anionity wymieniają aniony:



Regenerację anionitu :



↓ twarda woda



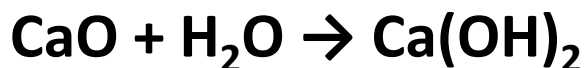


Wapno palone i wapno gaszone

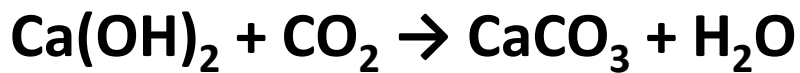
Wapno palone CaO - higroskopijny, biały proszek, powszechnie stosowany w budownictwie do produkcji zapraw wiążących.

Zaprawa murarska: woda, piasek - SiO₂ i wapno gaszone - Ca(OH)₂.

Gaszenie wapna:



Zastyganie zaprawy:





Gips

Gips - dwuhydrat siarczanu(VI) wapnia ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

- biała, trudno rozpuszczalna, krystaliczna substancja.

Gips palony - produkt handlowy - półhydrat otrzymywany w temperaturze 100°C):

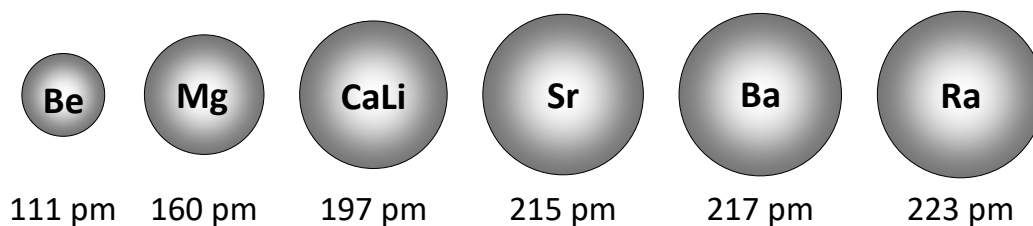


Zaprawa gipsowa powstaje w wyniku zmieszania gipsu palonego z wodą, dość szybko twardnieje, na skutek tworzenia się kryształu dwuhydratu (reakcja odwrotna do palenia gipsu).

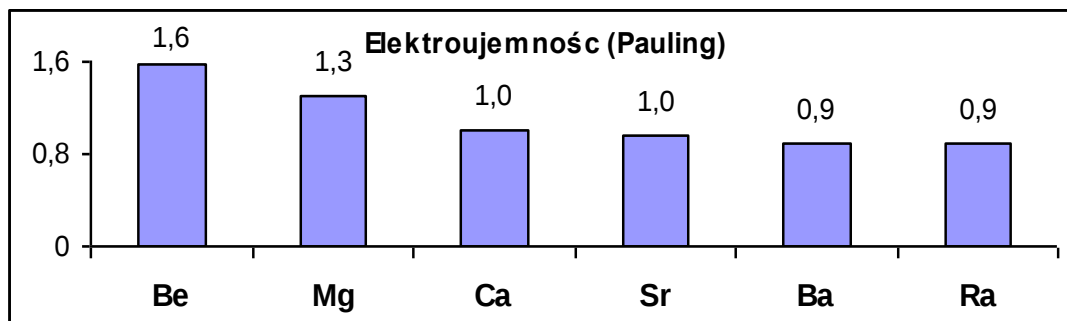


Wraz ze wzrostem liczby atomowej berylowców:

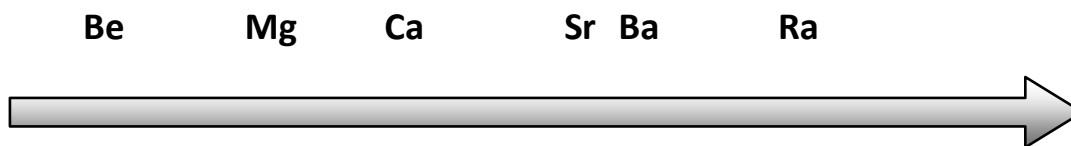
- wzrasta promień atomowy



- maleje elektroujemność



- rośnie aktywność chemiczna



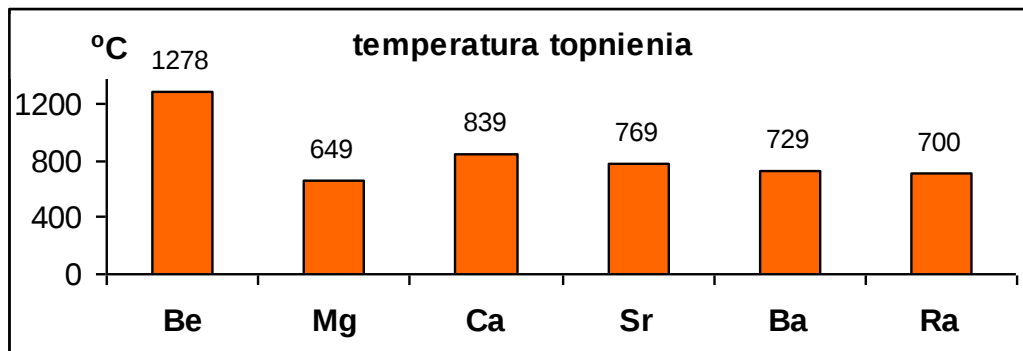


- rośnie aktywność chemiczna

Be Mg Ca Sr Ba Ra



- zmniejsza się temperatura topnienia



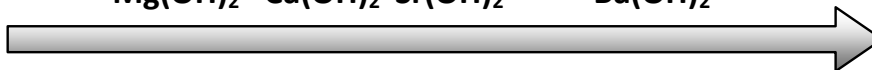
- rośnie charakter zasadowy tlenków

MgO CaO SrO BaO



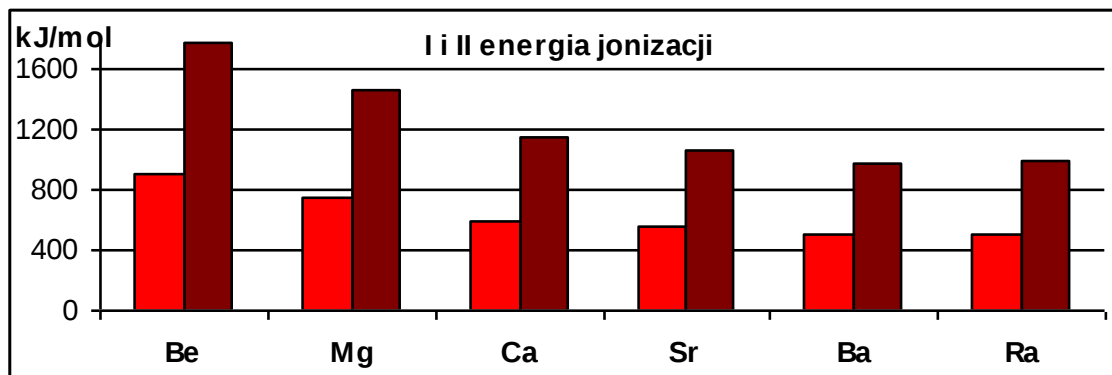
- rośnie moc zasad

Mg(OH)₂ Ca(OH)₂ Sr(OH)₂ Ba(OH)₂

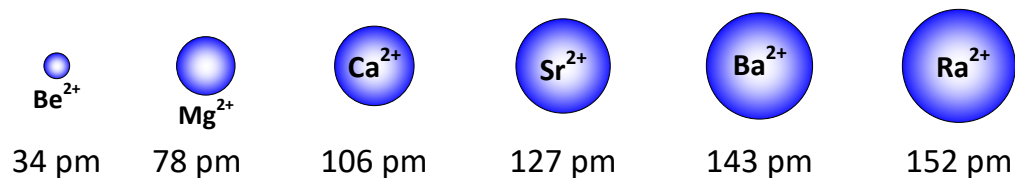




- *zmniejsza się energia jonizacji*



- *rośnie promień jonowy*





BIBLIOGRAFIA:

A. Bielański, „Podstawy chemii nieorganicznej”, PWN 1987

B. P. Atkins, „Chemia Ogólna”, PWN 2012

<http://www.ask.com>

www.wikipedia.pl

www.zchsiarkopol.pl