

# UKŁAD OKRESOWY PIERWIASTKÓW

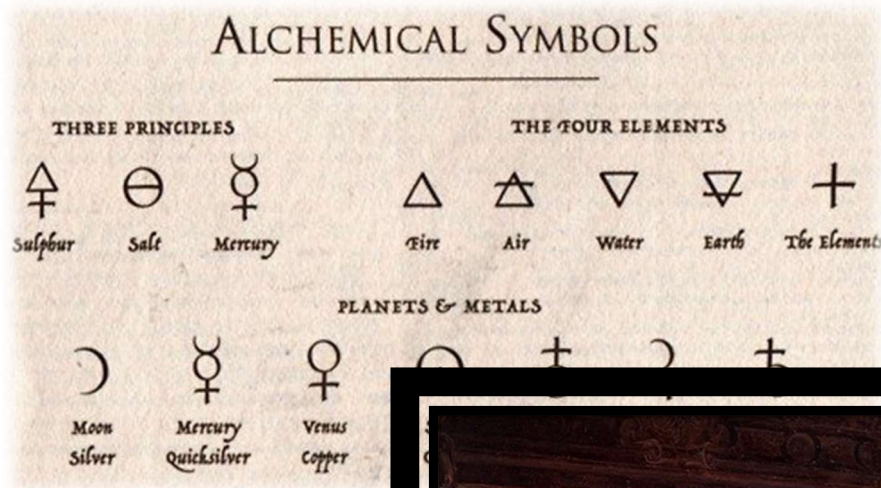
GRUPA																				18															
1	IA																			VIIIA															
1	1,0079 1s <sup>1</sup> <b>H</b> WODÓR																			2	4,0026 1s <sup>2</sup> <b>He</b> HEL														
3	6,941(2) [He] 2s <sup>1</sup> <b>Li</b> LIT	4	9,0122 [He] 2s <sup>2</sup> <b>Be</b> BERYL											13	10,811 [He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> <b>B</b> BOR	14	12,011 [He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> <b>C</b> WĘGIEL	15	14,007 [He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> <b>N</b> AZOT	16	15,999 [He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> <b>O</b> TLEN	17	18,998 [He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> <b>F</b> FLUOR	18	20,180 [He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> <b>Ne</b> NEON										
11	22,990 [Ne] 3s <sup>1</sup> <b>Na</b> SÓD	12	24,305 [Ne] 3s <sup>2</sup> <b>Mg</b> MAGNEZ											31	26,982 [Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> <b>Al</b> GLIN	32	28,086 [Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> <b>Si</b> KRZEM	33	30,974 [Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> <b>P</b> FOSFOR	34	32,065 [Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> <b>S</b> SIARKA	35	35,453 [Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> <b>Cl</b> CHLOR	36	39,948 [Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> <b>Ar</b> ARGON										
		VIII B																																	
19	39,098 [Ar] 4s <sup>1</sup> <b>K</b> POTAS	20	40,078 [Ar] 4s <sup>2</sup> <b>Ca</b> WAPŃ	21	44,956 [Ar] 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> <b>Sc</b> SKAND	22	47,867 [Ar] 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> <b>Ti</b> TYTAN	23	50,942 [Ar] 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> <b>V</b> WANAD	24	51,996 [Ar] 3d <sup>4</sup> 4s <sup>1</sup> <b>Cr</b> CHROM	25	54,938 [Ar] 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> <b>Mn</b> MANGAN	26	55,845 [Ar] 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> <b>Fe</b> ŻELAZO	27	58,933 [Ar] 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> <b>Co</b> KOBALT	28	58,693 [Ar] 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> <b>Ni</b> NIKIEL	29	63,546 [Ar] 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> <b>Cu</b> MIEDŹ	30	65,409 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> <b>Zn</b> CYNK	31	69,723 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> <b>Ga</b> GAL	32	72,64(1) [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> <b>Ge</b> GERMAN	33	74,922 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> <b>As</b> ARSEN	34	78,96(3) [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> <b>Se</b> SELEN	35	79,904 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> <b>Br</b> BROM	36	83,798 [Ar] 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> <b>Kr</b> KRYPTON
37	85,468 [Kr] 5s <sup>1</sup> <b>Rb</b> RUBID	38	87,62(1) [Kr] 5s <sup>2</sup> <b>Sr</b> STRONT	39	88,906 [Kr] 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> <b>Y</b> ITR	40	91,224 [Kr] 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> <b>Zr</b> CYRKON	41	92,906 [Kr] 4d <sup>3</sup> 5s <sup>2</sup> <b>Nb</b> NIOB	42	95,94(2) [Kr] 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> <b>Mo</b> MOLIBDEN	43	(98) [Kr] 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> <b>Tc</b> TECHNET	44	101,07(2) [Kr] 4d <sup>6</sup> 5s <sup>1</sup> <b>Ru</b> RUTEN	45	102,906 [Kr] 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> <b>Rh</b> ROD	46	106,42(1) [Kr] 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> <b>Pd</b> PALLAD	47	107,868 [Kr] 4d <sup>9</sup> 5s <sup>1</sup> <b>Ag</b> SREBRO	48	112,411 [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> <b>Cd</b> KADM	49	114,818 [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> <b>In</b> IND	50	118,710 [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> <b>Sn</b> CYNA	51	121,760 [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> <b>Sb</b> ANTYMON	52	127,60(3) [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> <b>Te</b> TELLUR	53	126,904 [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> <b>I</b> JOD	54	131,293 [Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> <b>Xe</b> KSENON
55	132,905 [Xe] 6s <sup>1</sup> <b>Cs</b> CEZ	56	137,327 [Xe] 6s <sup>2</sup> <b>Ba</b> BAR	57-71	Lantanowce	72	178,49(2) [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Hf</b> HAFN	73	180,947 [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Ta</b> TANTAL	74	183,84(1) [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> <b>W</b> WOLFRAM	75	186,207 [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Re</b> REN	76	190,23(3) [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Os</b> OSM	77	192,217 [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Ir</b> IRYD	78	195,084 [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Pt</b> PLATYNA	79	196,967 [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>8</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Au</b> ZŁOTO	80	200,59(2) [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Hg</b> RTĘĆ	81	204,383 [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> <b>Tl</b> TAL	82	207,2(1) [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> <b>Pb</b> OŁÓW	83	208,980 [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> <b>Bi</b> BIZMUT	84	(209) [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> <b>Po</b> POLON	85	(210) [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> <b>At</b> ASTAT	86	(222) [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> <b>Rn</b> RADON
87	(223) [Rn] 7s <sup>1</sup> <b>Fr</b> FRANS	88	(226) [Rn] 7s <sup>2</sup> <b>Ra</b> RAD	89-103	Aktynowce	104	(261) <b>Rf</b> RUTHERFORD	105	(262) <b>Db</b> DUBN	106	(266) <b>Sg</b> SEABORG	107	(264) <b>Bh</b> BOHR	108	(277) <b>Hs</b> HAS	109	(268) <b>Mt</b> MEITNER	110	(281) <b>Ds</b> DARMSZTADT	111	(272) <b>Rg</b> ROENTGEN	112	(285) <b>Cn</b> KOPERNIK	113	(284) <b>Nh</b> NIHONIUM	114	(289) <b>Fl</b> FLEROVIUM	115	(288) <b>Mc</b> MOSCOVIUM	116	(292) <b>Lv</b> LIVERMORIUM	117	(294) <b>Ts</b> TENNESSINE	118	(294) <b>Og</b> OGANESSON

## LANTANOWCE

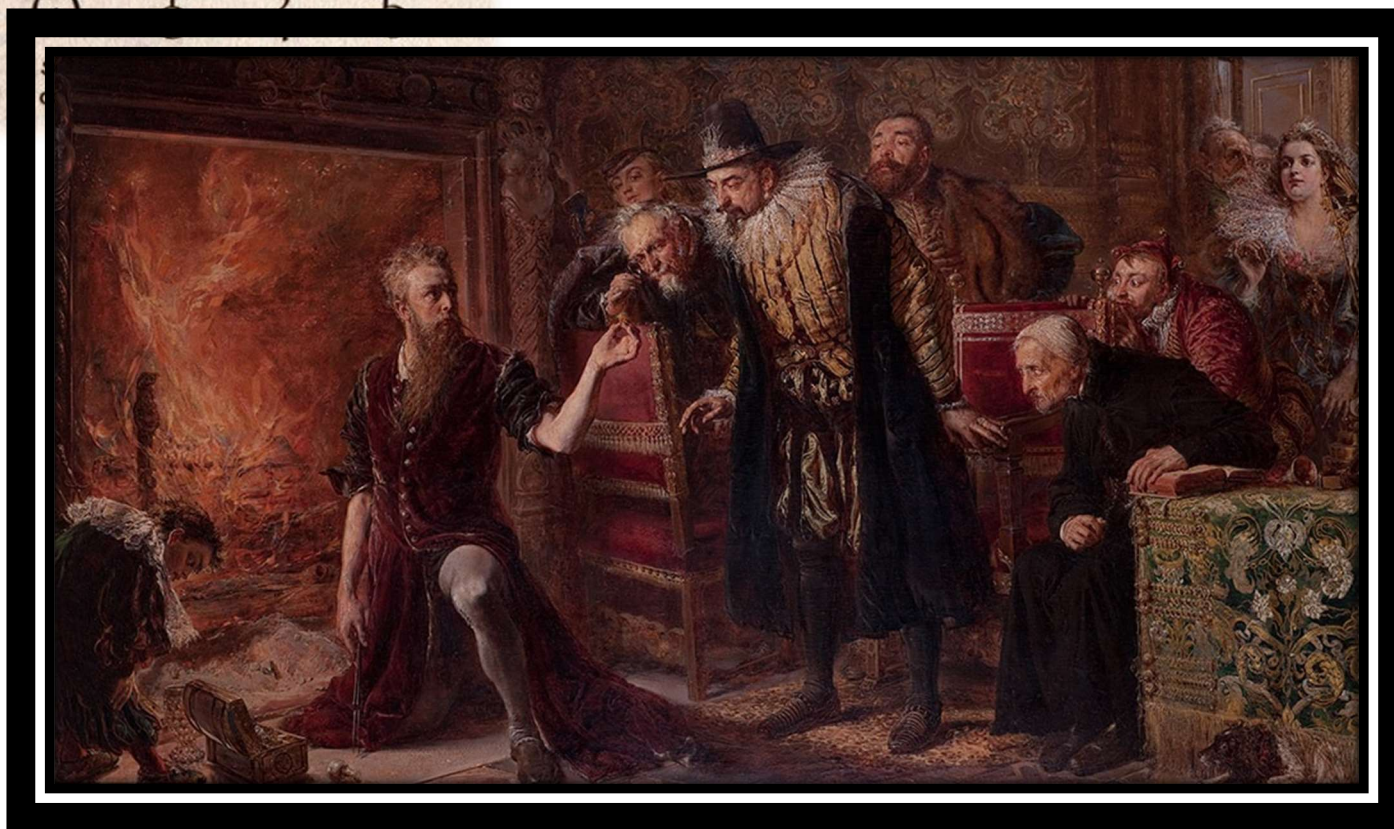
57	138,905 [Xe] 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>La</b> LANTAN	58	140,116 [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Ce</b> CER	59	140,908 [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Pr</b> PRAZEODYM	60	144,242 [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Nd</b> NEODYM	61	(145) [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Pm</b> PROMET	62	150,36(2) [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Sm</b> SAMAR	63	151,964 [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Eu</b> EUROP	64	157,25(3) [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Gd</b> GADOLIN	65	158,925 [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Tb</b> TERB	66	162,500 [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Dy</b> DYSPROZ	67	164,930 [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Ho</b> HOLM	68	167,259 [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Er</b> ERB	69	168,934 [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Tm</b> TUL	70	173,04(3) [Xe] 4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Yb</b> ITERB	71	174,967 [Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> <b>Lu</b> LUTET
----	--	----	---	----	---	----	--	----	--	----	---	----	---	----	---	----	--	----	---	----	--	----	---	----	---	----	---	----	---

## AKTYNOWCE

89	(227) [Rn] 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Ac</b> AKTYN	90	232,038 [Rn] 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Th</b> TOR	91	231,036 [Rn] 5f <sup>1</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Pa</b> PROTAKTYN	92	238,029 [Rn] 5f <sup>1</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>U</b> URAN	93	(237) [Rn] 5f <sup>1</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Np</b> NEPTUN	94	(244) [Rn] 5f <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Pu</b> PLUTON	95	(243) [Rn] 5f <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Am</b> AMERYK	96	(247) [Rn] 5f <sup>1</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Cm</b> KIUR	97	(247) [Rn] 5f <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Bk</b> BERKEL	98	(251) [Rn] 5f <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Cf</b> KALIFORN	99	(252) [Rn] 5f <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Es</b> EINSTEIN	100	(257) [Rn] 5f <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Fm</b> FERM	101	(258) [Rn] 5f <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Md</b> MENDELEW	102	(259) [Rn] 5f <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>No</b> NOBEL	103	(262) [Rn] 5f <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> <b>Lr</b> LORENS
----	---	----	---	----	---	----	---	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	-----	--	-----	--	-----	---	-----	--



**Michał Sędziwój**  
(1566-1636)



**„Alchemik Sędziwój” - Jan Matejko**

# Periodisches System der Elemente.

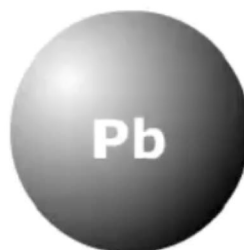
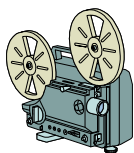
	Gruppe D.	Gruppe I.	Gruppe II.	Gruppe III.	Gruppe IV.	Gruppe V.	Gruppe VI.	Gruppe VII.	Gruppe VIII.
1.		H <sub>1</sub>							
2.	He <sub>2</sub>	Li <sub>3</sub>	Be <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	N <sub>7</sub>	O <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	
3.	Ne <sub>10</sub>	Na <sub>11</sub>	Mg <sub>12</sub>	Al <sub>13</sub>	Si <sub>14</sub>	P <sub>15</sub>	S <sub>16</sub>	Cl <sub>17</sub>	
4.	Ar <sub>18</sub>	K <sub>19</sub>	Ca <sub>20</sub>	Sc <sub>21</sub>	Ti <sub>22</sub>	V <sub>23</sub>	Cr <sub>24</sub>	Mn <sub>25</sub>	Fe <sub>26</sub> , Co <sub>27</sub> , Ni <sub>28</sub>
5.		Cu <sub>29</sub>	Zn <sub>30</sub>	Ga <sub>31</sub>	Ge <sub>32</sub>	As <sub>33</sub>	Se <sub>34</sub>	Br <sub>35</sub>	
6.	Kr <sub>36</sub>	Rb <sub>37</sub>	Sr <sub>38</sub>	Y <sub>39</sub>	Zr <sub>40</sub>	Nb <sub>41</sub>	Mo <sub>42</sub>	<b>Ma<sub>43</sub></b>	Ru <sub>44</sub> , Rh <sub>45</sub> , Pd <sub>46</sub>
7.		Hg <sub>47</sub>	Cd <sub>48</sub>	In <sub>49</sub>	Sn <sub>50</sub>	Sb <sub>51</sub>	Te <sub>52</sub>	I <sub>53</sub>	
8.	X <sub>54</sub>	Cs <sub>55</sub>	Ba <sub>56</sub>	La <sub>57-71</sub>	Hf <sub>72</sub>	Ta <sub>73</sub>	W <sub>74</sub>	Re <sub>75</sub>	Os <sub>76</sub> , Ir <sub>77</sub> , Pt <sub>78</sub>
		Ra <sub>79</sub>	Ac <sub>80</sub>	Th <sub>81</sub>	Pb <sub>82</sub>	Bi <sub>83</sub>	<b>Po<sub>84</sub></b>	Sb <sub>85</sub>	
	Em <sub>86</sub>		Ra <sub>88</sub>	Ac <sub>89</sub>	Th <sub>90</sub>	Pa <sub>91</sub>	U <sub>92</sub>		

## Pierwiastki chemiczne

p.n.e.	Sb Sn Zn Pb Hg S Ag C Au Fe Cu	(11)*
do XVII w.	As (1250 r.) P (1669 r.)	(2)
XVIII w.	N Cl Cr Co Y Mn Mo Ni Pt Te O U H W	(14)
XIX w.	Na Ca Al Si F Cs Ba B Bi I Ra Po Ac ...	(58)
XX w.	At Eu Fr Hf Lu Re Tc transuranowce	(29)
XXI w.	Livermore (USA) 	(4 ?...)
	Darmstadt (Niemcy) 	
	Dubna (Rosja) 	
	Riken (Japonia) 	

*\* w zależności od źródła literaturowego podane wartości mogą się różnić*

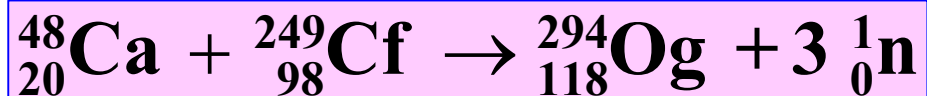
*W 1999 r. w laboratorium w Berkeley otrzymano prawdopodobnie  
trzy atomy pierwiastka **118**,  
w wyniku fuzji izotopów ołowiu i kryptonu.  
Jednak nigdy nie udało się powtórzyć tego eksperymentu.*

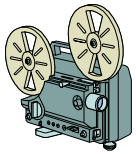


Copyright University of Sheffield, 2000



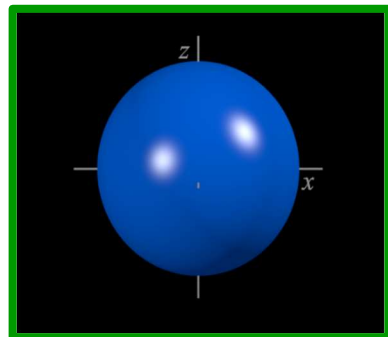
**Jurij C. Oganessian**  
ur. w 1933



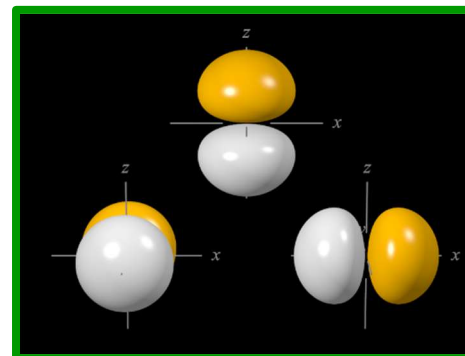


---

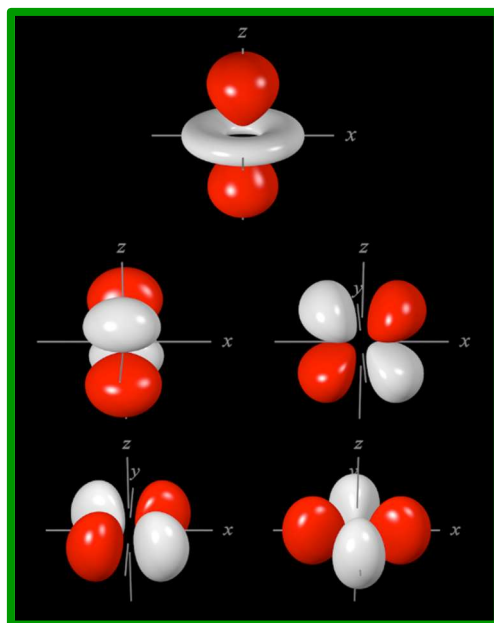
dr hab. Henryk Myszk, prof. UG - Uniwersytet Gdański - Wydział Chemii



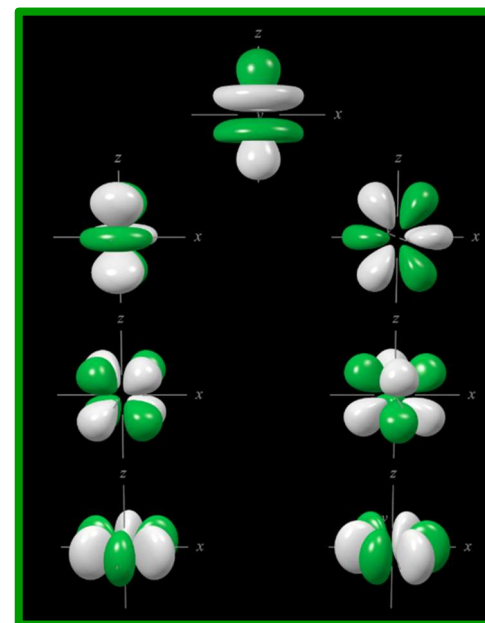
**Orbital 1s**



**Orbitale 2p**



**Orbitale 3d**



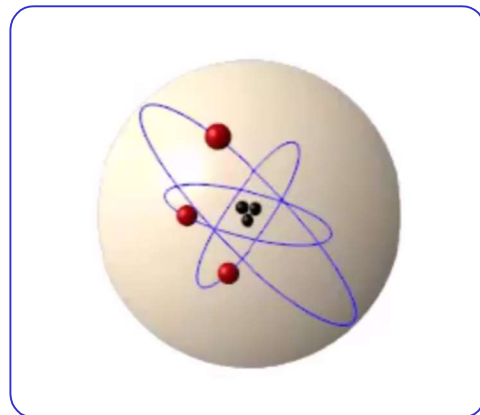
**Orbitale 4f**

<http://winter.group.shef.ac.uk/orbitron>

# ATOM



Niels Bohr (1885-1962)  
Nagroda Nobla w 1922 r.



A - liczba masowa

Z - liczba atomowa,  
liczba porządkowa

$A - Z$  - liczba neutronów w jądrze atomowym

Z - liczba protonów w jądrze atomowym;  
liczba elektronów w atomie pierwiastka

**Główna liczba kwantowa  $n$  określa energię elektronu w atomie.**

**Maksymalna liczba stanów kwantowych w danej powłoce, tj. maksymalna liczba elektronów na danej powłoce wynosi  $2n^2$ .**

wartość $n$ :	1	2	3	4	5	6	7	itd.
symbol powłoki:	K	L	M	N	O	P	Q	itd.
max. liczba elektronów:	2	8	18	32				itd.



**Poboczna liczba kwantowa  $l$  określa rodzaj orbitalu w danej powłoce.**

Liczba kwantowa  $l$ , dla danej wartości głównej liczby kwantowej  $n$ , przyjmuje wartości:  $l = 0, 1, 2 \dots (n-1)$ , np. jeżeli  $n = 3$  to  $l = 0, 1, 2$ .

Liczba elektronów w danej podpowłoce (orbitalu) wynosi:  $4 \cdot l + 2$

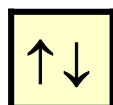
wartość $l$ :	0	1	2	3	4
symbol podpowłoki:	s	p	d	f	g
(ang.)	sharp	principal	diffuse	fundamental	
max. liczba elektronów:	2	6	10	14	itd.

symbol orbitalu:

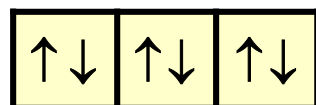
s

$p_x$   
 $p_y$   
 $p_z$

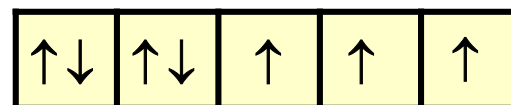
$d_{xz}$   $d_{xy}$   $d_{yz}$   
 $d_{x^2-y^2}$   $d_{z^2}$



s



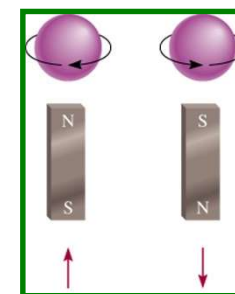
p



d

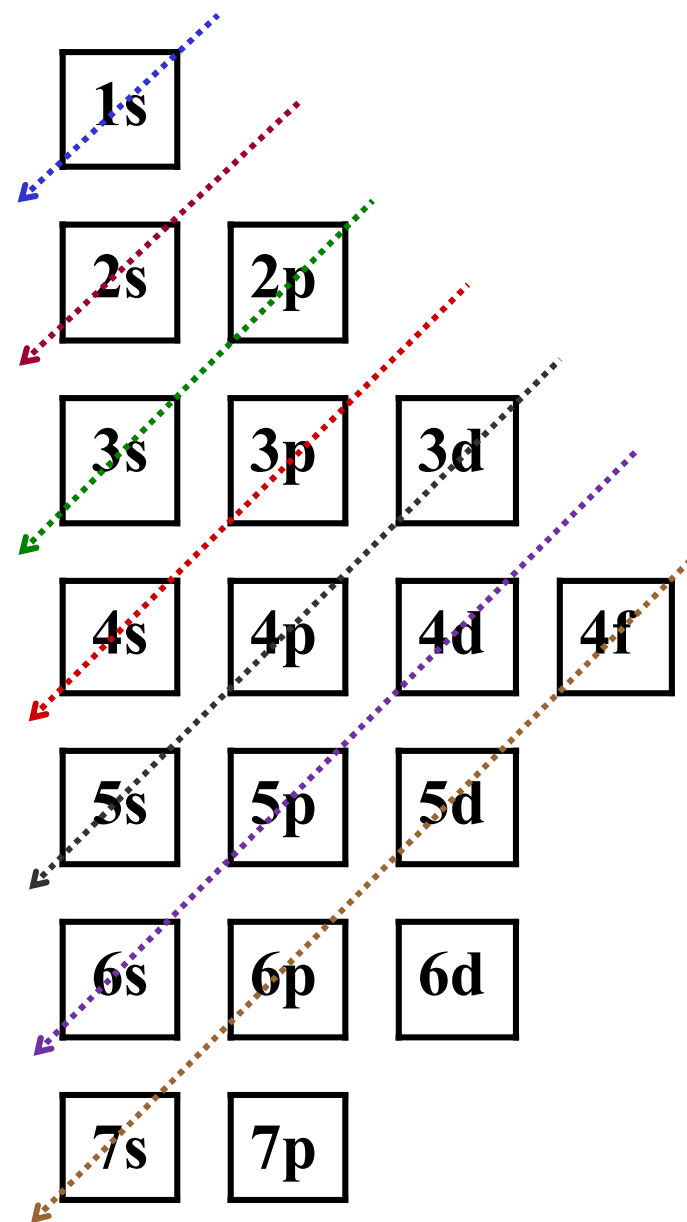
**Spinowa liczba kwantowa  $s$  (lub  $m_s$ ) określa w uproszczeniu tzw. kręt elektronu.**

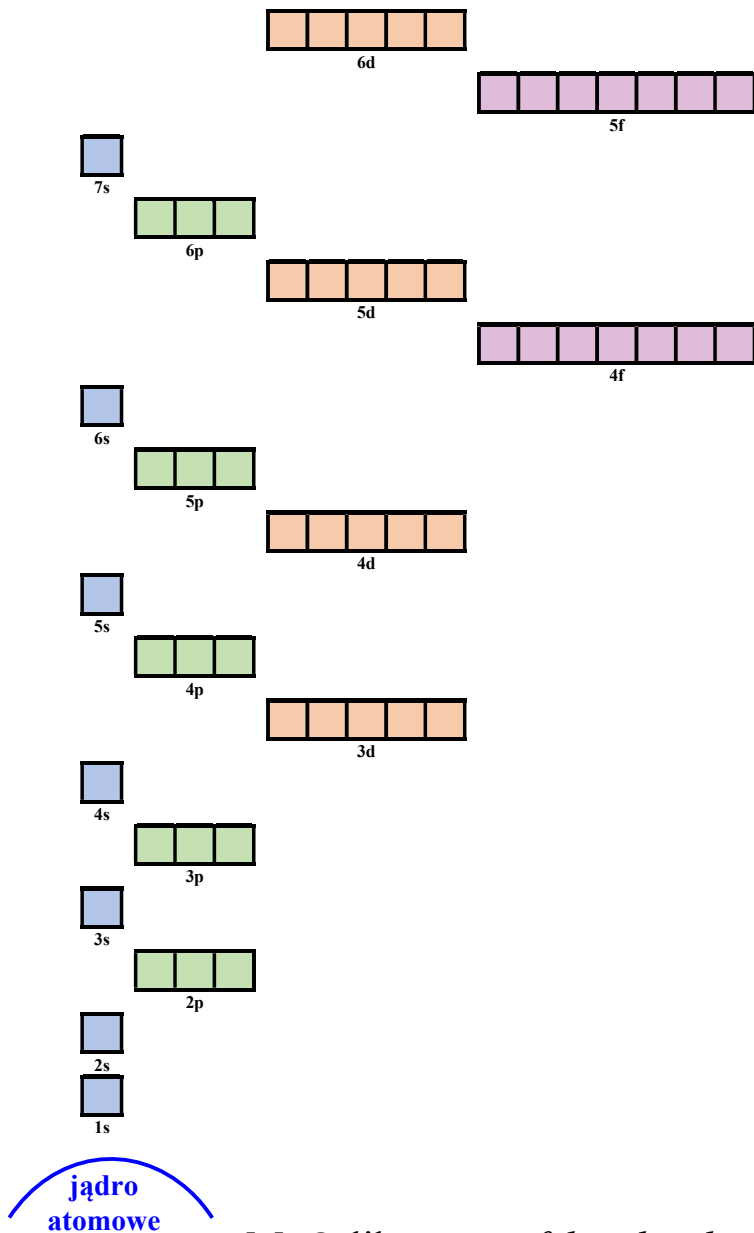
Do każdego poziomu orbitalnego należą dwa elektrony różniące się orientacją przestrzenną wektora spinu,  $s = \pm 1/2$



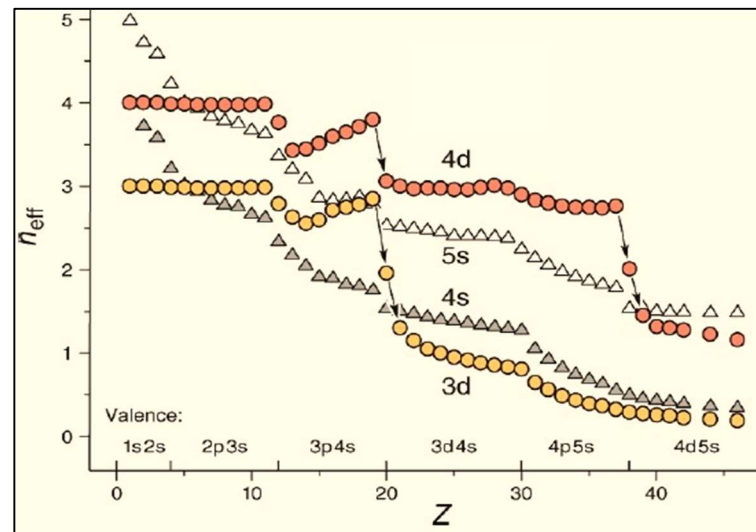


${}^1\text{H}$	$\text{K}^1$	$1s^1$
${}^2\text{He}$	$\text{K}^2$	$1s^2$
${}^3\text{Li}$	$\text{K}^2\text{L}^1$	$1s^2 2s^1$
${}^4\text{Be}$	$\text{K}^2\text{L}^2$	$1s^2 2s^2$
${}^5\text{B}$	$\text{K}^2\text{L}^3$	$1s^2 2s^2 2p^1$
...		
${}^{10}\text{Ne}$	$\text{K}^2\text{L}^8$	$1s^2 2s^2 2p^6$
${}^{11}\text{Na}$	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
...		
${}^{13}\text{Al}$	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^3$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
...		
${}^{18}\text{Ar}$	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
${}^{19}\text{K}$	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8\text{N}^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
${}^{20}\text{Ca}$	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8\text{N}^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
${}^{21}\text{Sc}$	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^9\text{N}^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$
...		





- $_{19}\text{K}$      $[\text{Ar}]4s^1$   
 $_{20}\text{Ca}$      $[\text{Ar}]4s^2$   
 $_{21}\text{Sc}$      $[\text{Ar}]4s^23d^1$  (wg kolejności zap. orbitali)  
 a może  $3d^24s^1$  (?) albo  $3d^3$  (?)  
 $_{21}\text{Sc}$      $[\text{Ar}]3d^14s^2$  (wg wypadkowej energii konfiguracji elektronowej)  
 ...  
 $_{24}\text{Cr}$      $[\text{Ar}]3d^54s^2$   
 ...  
 $_{29}\text{Cu}$      $[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$   
 $_{30}\text{Zn}$      $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$       *ang. d-orbital collapse*  
 $_{31}\text{Ga}$      $[\text{Ar}]3d^{10}4s^24p^1$   
 ...



M. Orlik – ... o efektach relatywistycznych w chemii – Wiad. Chem., 2023, 77, 835-871.

**ZAKAZ PAULIEGO** – w atomie nie mogą znajdować się elektrony o czterech jednakowych czterech liczbach kwantowych.

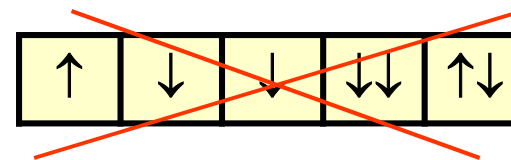
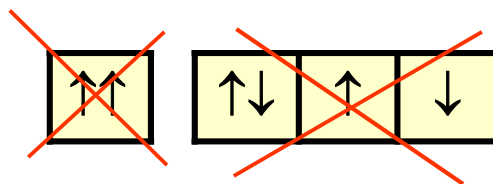
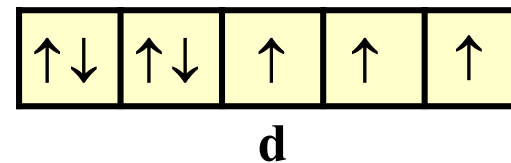
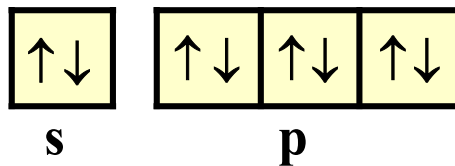
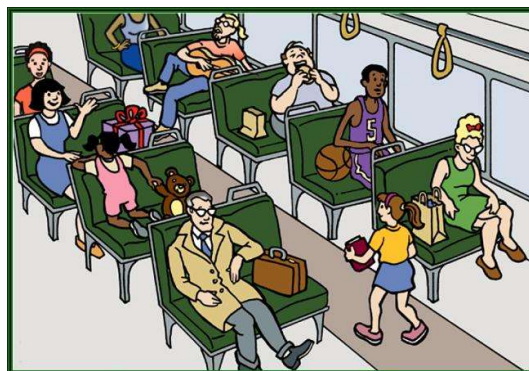
**REGUŁA HUNDA** – najkorzystniejsze energetycznie jest takie zapełnianie orbitali, przy którym liczba elektronów o niesparowanych spinach w obrębie danej podpowłoki jest największa.

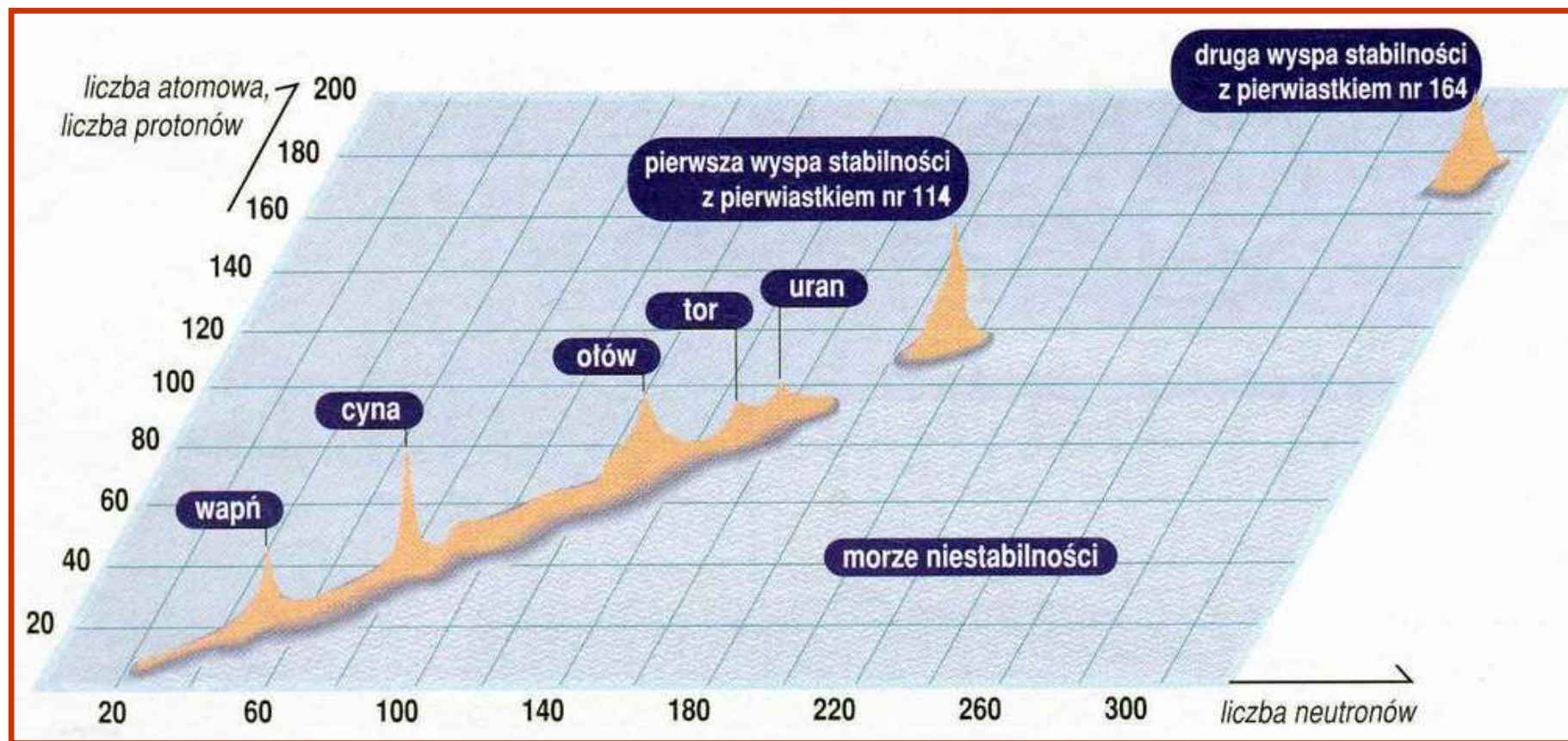


Wolfgang Pauli (1900-1958)  
Nagroda Nobla w 1945 r.



Friedrich Hund  
(1896-1997)





## Mapa świata pierwiastków

P. Pyykkö, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2011**, 13, 161.

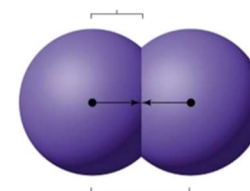
P. Schwerdtfeger, O.R. Smits, P. Pyykkö, *Nat. Rev. Chem.*, **2020**, 4, 359.

## PROMIENIE ATOMOWE / KOWALENCYJNE

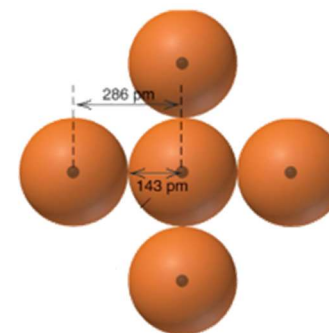
***promień atomowy*** - umowna odległość najdalej położonych elektronów występujących w danym atomie od jądra atomu;



***promień kowalencyjny*** - średnia odległość najdalej położonych od jądra atomu elektronów występująca w pojedynczych wiązaniach chemicznych tworzonych przez te atomy; jest równy połowie średniej długości pojedynczych wiązań jakie tworzy dany atom;



***promień metaliczny*** - połowa odległości między jądrami przylegających atomów w metalicznym stanie stałym;



***promień van der Waalsa*** - odległość najdalszych elektronów od jądra atomowego (w przypadku pojedynczego atomu) lub od geometrycznego środka cząsteczki;

	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
<b><math>r_{\text{kow.}} [\text{Å}]</math></b>	0,74	1,04	1,33
<b><math>r_{\text{van der W}} [\text{Å}]</math></b>	1,50	1,85	2,15

<b>Pierwiastek</b>	<b>Li</b>	<b>Be</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>
<b>r [Å]</b>	<b>1,23</b>	<b>0,89</b>	<b>0,80</b>	<b>0,77</b>	<b>0,74</b>	<b>0,74</b>	<b>0,72</b>
<b>ładunek jądra (liczba protonów)</b>	<b>+ 3</b>	<b>+ 4</b>	<b>+ 5</b>	<b>+ 6</b>	<b>+ 7</b>	<b>+ 8</b>	<b>+9</b>
<b>liczba elektronów na powłoce K</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>liczba elektronów na powłoce L</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

	<b>r [Å]</b>	<b>ładunek jądra</b>	<b>elektrony walencyjne</b>
<b>Li</b>	<b>1,23</b>	<b>+ 3</b>	<b>1</b>
<b>Na</b>	<b>1,57</b>	<b>+ 11</b>	<b>1</b>
<b>K</b>	<b>2,03</b>	<b>+ 19</b>	<b>1</b>
<b>Rb</b>	<b>2,16</b>	<b>+ 37</b>	<b>1</b>
<b>Cs</b>	<b>2,35</b>	<b>+ 55</b>	<b>1</b>

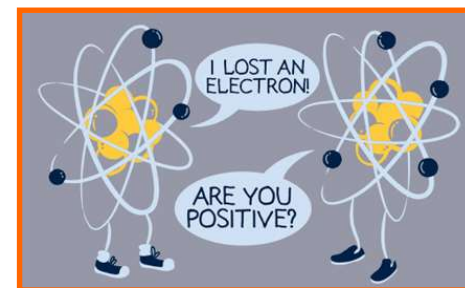
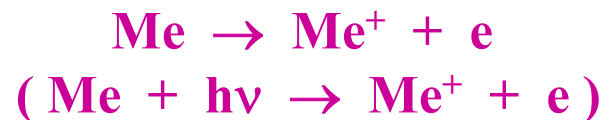


## Promienie kowalencyjne pierwiastków (w Å)

Okres \ Grupa	I	II											III	IV	V	VI	VII	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H • ~0,30																H • ~0,30	He • 1,20*
2	Li • 1,23	Be • 0,89											B • 0,80	C • 0,77	N • 0,74	O • 0,74	F • 0,72	Ne • 1,60*
3	Na • 1,57	Mg • 1,36											Al • 1,25	Si • 1,17	P • 1,10	S • 1,04	Cl • 0,99	Ar • 1,91*
4	K • 2,03	Ca • 1,74	Sc • 1,44	Ti • 1,32	V • 1,22	Cr • 1,17	Mn • 1,17	Fe • 1,17	Co • 1,16	Ni • 1,15	Cu • 1,17	Zn • 1,25	Ga • 1,25	Ge • 1,22	As • 1,21	Se • 1,14	Br • 1,14	Kr • 2,00*
5	Rb • 2,16	Sr • 1,91	Y • 1,62	Zr • 1,45	Nb • 1,34	Mo • 1,29	Tc -	Ru • 1,24	Rh • 1,25	Pd • 1,28	Ag • 1,34	Cd • 1,41	In • 1,50	Sn • 1,40	Sb • 1,41	Te • 1,37	I • 1,33	Xe • 2,20*
6	Cs • 2,35	Ba • 1,98	La • 1,69	Hf • 1,44	Ta • 1,34	W • 1,30	Re • 1,28	Os • 1,26	Ir • 1,26	Pt • 1,29	Au • 1,34	Hg • 1,44	Tl • 1,55	Pb • 1,46	Bi • 1,52	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac															

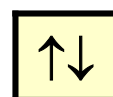
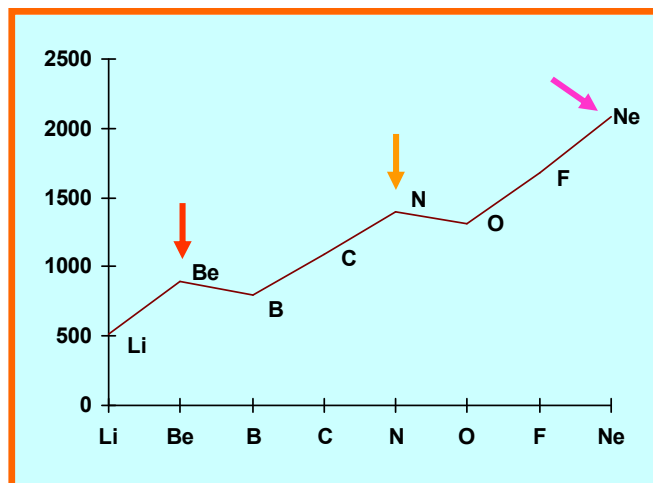
\* wartości dla gazów szlachetnych są promieniami wolnych atomów, porównywalnymi z promieniami van der Waalsa, a nie z promieniami kowalencyjnymi

# POTENCJAŁ JONIZACYJNY (ENERGIA JONIZACJI – $E_j$ )

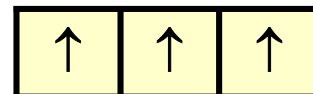
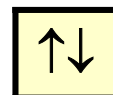


Energia jonizacji - energia, jakiej należy dostarczyć, aby od izolowanego atomu w stanie gazowym oderwać najluźniej związany elektron.

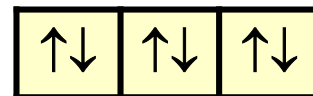
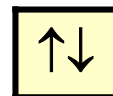
Pierwiastek	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
$E_j$ (I) (kJ/mol)	496	737	577	786	1012	999	1255	1521



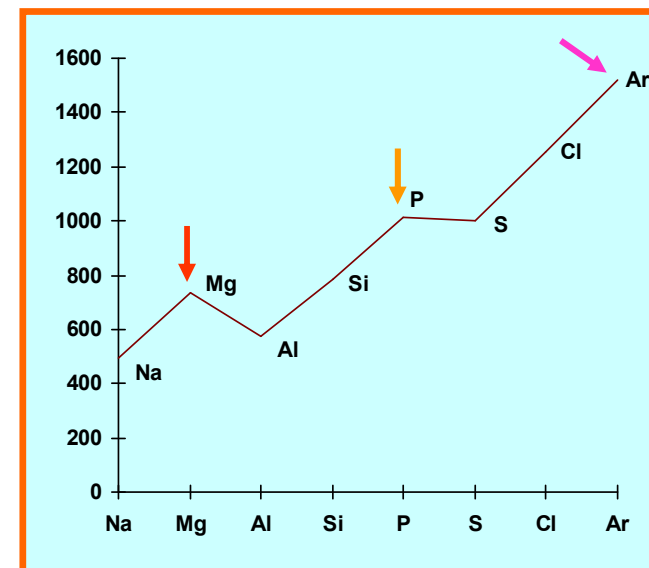
Be, Mg



N, P

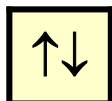


Ne, Ar

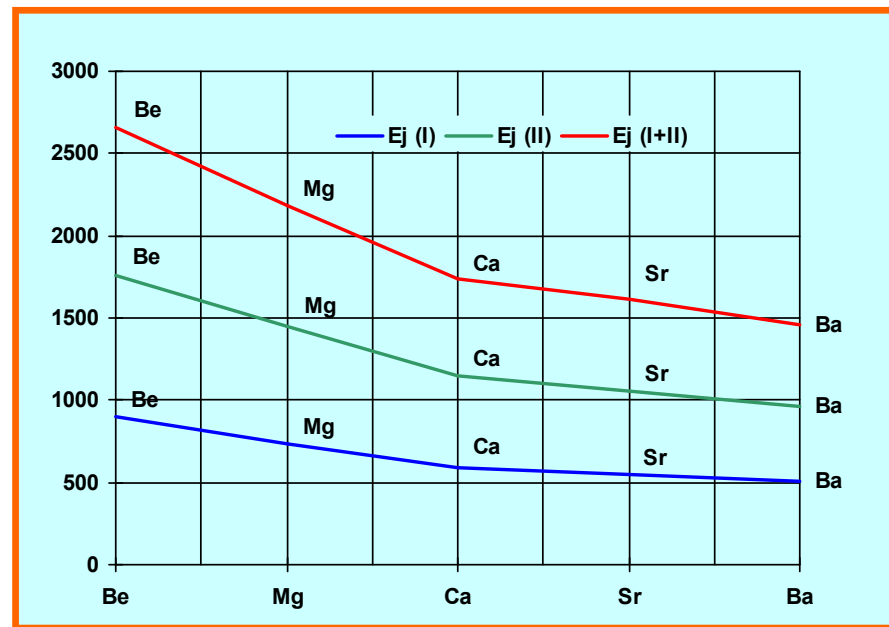


W wyniku oderwania jednego lub więcej elektronów z ostatniej powłoki powstają **kationy**.

	$E_j$ (I) (kJ/mol)	$E_j$ (II) (kJ/mol)	$E_j$ (I+II) (kJ/mol)
<b>Be</b>	899	1760	2659
<b>Mg</b>	737	1450	2187
<b>Ca</b>	590	1150	1740
<b>Sr</b>	549	1060	1609
<b>Ba</b>	503	960	1463



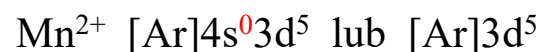
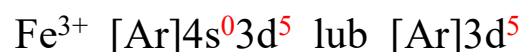
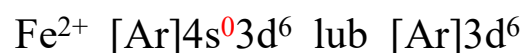
	$E_j$ (I) (kJ/mol)	$E_j$ (II) (kJ/mol)	$E_j$ (III) (kJ/mol)	$E_j$ (IV) (kJ/mol)
<b>Li</b>	520	7300		
<b>Na</b>	496	4560		
<b>Be</b>	899	1760	14850	
<b>Mg</b>	737	1450	7740	
<b>Al</b>	577	1810	2750	11580

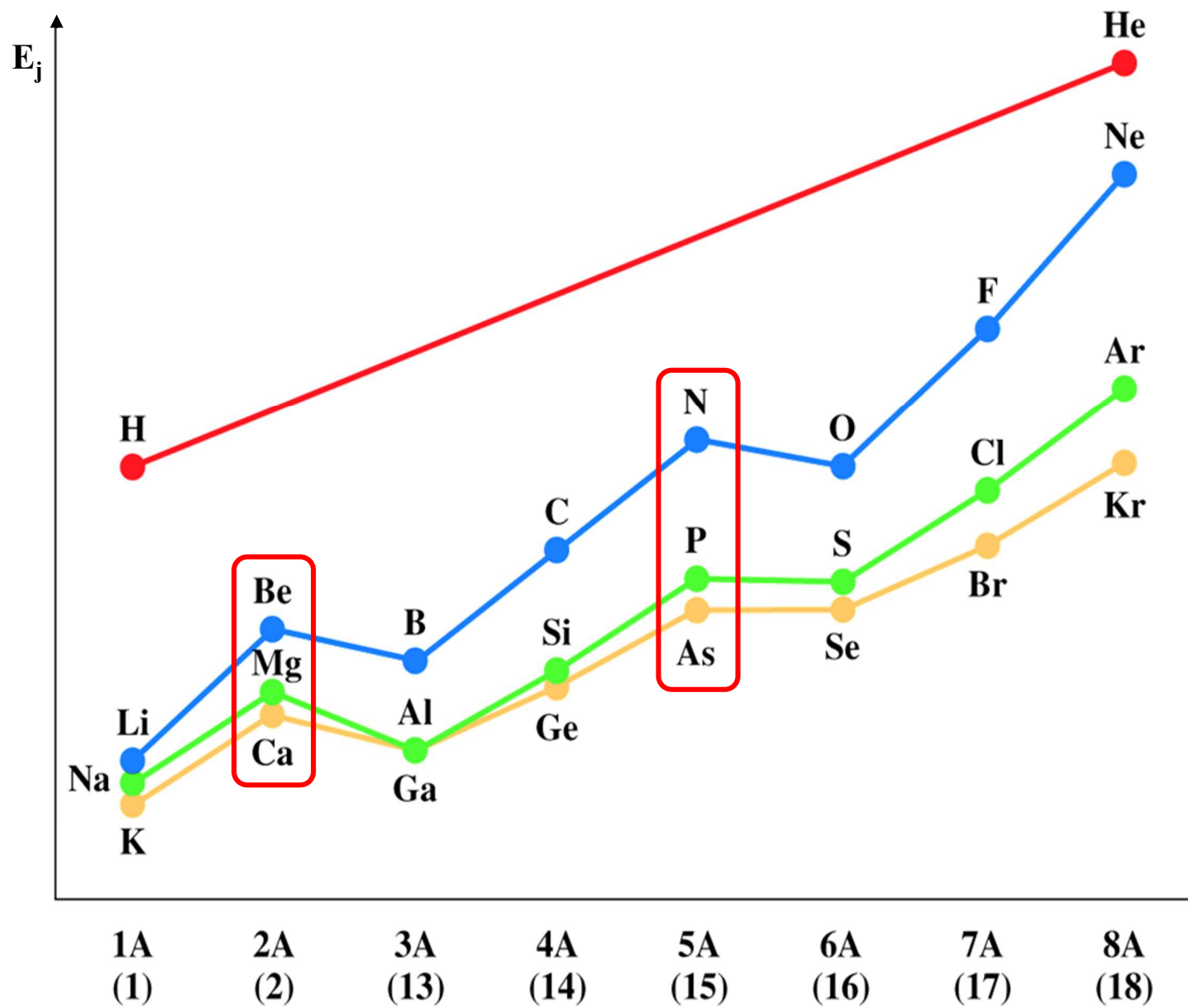


## Pierwsze energie jonizacji pierwiastków (w kJ/mol)

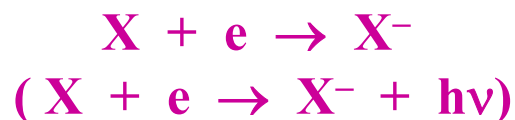
Okres \ Grupa	I												III	IV	V	VI	VII	0	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H ● 1311	He ● 2372																	
2	Li ● 520	Be ● 899											B ● 801	C ● 1086	N ● 1403	O ● 1310	F ● 1681	Ne ● 2080	
3	Na ● 496	Mg ● 737											Al ● 577	Si ● 786	P ● 1012	S ● 999	Cl ● 1255	Ar ● 1521	
4	K ● 419	Ca ● 590	Sc ● 631	Ti ● 656	V ● 650	Cr ● 652	Mn ● 717	Fe ● 762	Co ● 758	Ni ● 736	Cu ● 745	Zn ● 906	Ga ● 579	Ge ● 760	As ● 947	Se ● 941	Br ● 1142	Kr ● 1351	
5	Rb ● 403	Sr ● 549	Y ● 616	Zr ● 674	Nb ● 664	Mo ● 685	Tc ● 703	Ru ● 711	Rh ● 720	Pd ● 804	Ag ● 731	Cd ● 876	In ● 558	Sn ● 708	Sb ● 834	Te ● 869	I ● 1191	Xe ● 1170	
6	Cs ● 375	Ba ● 503	La ● 541	Hf ● 760	Ta ● 760	W ● 770	Re ● 759	Os ● 840	Ir ● 900	Pt ● 870	Au ● 889	Hg ● 1007	Tl ● 589	Pb ● 715	Bi ● 703	Po ● 813	At ● 912	Rn ● 1037	
7	Fr	Ra	Ac																

Gdy atom metalu przejściowego (blok d) staje się kationem, najpierw oddaje elektrony z orbitalu  $ns$  i potem kolejno z orbitalu  $(n-1)d$ .





## POWINOWACTWO ELEKTRONOWE (ELEKTRONOPOWINOWACTWO – $P_e$ )



Powinowactwo elektronowe - energia, jaka się wydziela podczas przyłączenia pierwszego elektronu do izolowanego atomu w stanie gazowym.

Pierwiastek	Li	Be	B	C	N	O	F
Liczba elektronów walencyjnych	1	2	3	4	5	6	7
$P_e$ (kJ/mol)	60	- 241	27	122	- 7	141	328

	$P_e$ (kJ/mol)		$P_e$ (kJ/mol)
<b>O</b>	141	<b>F</b>	328
<b>S</b>	200	<b>Cl</b>	349
<b>Se</b>	195	<b>Br</b>	325
<b>Te</b>	190	<b>I</b>	295

W wyniku przyłączenia jednego lub dwóch elektronów do obojętnego atomu powstają **aniony**.

## PROMIENIE ATOMOWE I JONOWE

Pierwiastek	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
r [Å]	1,57	1,36	1,25	1,17	1,10	1,04	0,99	1,91
Jon	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	-	-	S <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	-
r [Å]	1,02	0,72	0,54	-	-	1,84	1,81	-

	r [Å]		r [Å]
Be	0,89	Be <sup>2+</sup>	0,45
Mg	1,36	Mg <sup>2+</sup>	0,72
Ca	1,74	Ca <sup>2+</sup>	1,00
Sr	1,91	Sr <sup>2+</sup>	1,18
Ba	1,98	Ba <sup>2+</sup>	1,35

	r [Å]		r [Å]
F	0,72	F <sup>-</sup>	1,33
Cl	0,99	Cl <sup>-</sup>	1,81
Br	1,14	Br <sup>-</sup>	1,96
I	1,33	I <sup>-</sup>	2,20

	r [Å]
Fe	1,17
Fe <sup>2+</sup>	0,76
Fe <sup>3+</sup>	0,64
Zn	1,25
Zn <sup>2+</sup>	0,74

# Porównanie promieni atomów i jonów

**UKŁAD OKRESOWY PIERWIASTKÓW**

liczba atomowa (liczba porządkowa)

promień jonowy [pm], jego ilustracja graficzna: czerwony - kation, niebieski - anion

oraz symbol tego jonu (k) - jon istnieje tylko w kryształach, a nie w roztworach wodnych

symbol pierwiastka

promień atomowy [pm] i jego ilustracja graficzna

nazwa pierwiastka

1	1											18	1					
1	$1,6 \cdot 10^{-3}$ H WODÓR											$140$ He HEL	1					
2	3 Li LIT	4 Be BERYL											5 B BOR	6 C WĘGIEL	7 N AZOT	8 O TLEN	9 F FLUOR	10 Ne NEON
3	11 Na SÓD	12 Mg MAGNEZ	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al GLIN	14 Si KRZEM	15 P FOSFOR	16 S SIARKA	17 Cl CHLOR	18 Ar ARGON
4	19 K POTAS	20 Ca WAPŃ	21 Sc SKAND	22 Ti TYTAN	23 V (k)V WANAD	24 Cr (k)Cr CHROM	25 Mn (k)Mn MANGAN	26 Fe ŻELAZO	27 Co KOBALT	28 Ni NIKIEL	29 Cu MIEDŹ	30 Zn CYNK	31 Ga GAL	32 Ge GERMAN	33 As (k)As ARSEN	34 Se SELEN	35 Br BROM	36 Kr KRYPTON
5	37 Rb RUBID	38 Sr STRONT	39 Y ITR	40 Zr CYRKON	41 Nb (k)Nb NIOB	42 Mo (k)Mo MOLIBDEN	43 Tc TECHNET	44 Ru RUTEN	45 Rh RUTEN	46 Pd PALLAD	47 Ag SREBRO	48 Cd KADM	49 In IND	50 Sn CYNA	51 Sb (k)Sb ANTYMON	52 Te TELLUR	53 I JOD	54 Xe KSENON
6	55 Cs CEZ	56 Ba BAR	57 La LANTAN	72 Hf HAFN	73 Ta (k)Ta TANTAL	74 W (k)W WOLFRAM	75 Re (k)Re REN	76 Os OSM	77 Ir IRYD	78 Pt PLATYNA	79 Au ZŁOTO	80 Hg RTEĆ	81 Tl TAL	82 Pb OLÓW	83 Bi (k)Bi BIZMUT	84 Po (k)Po POLON	85 At ASTAT	86 Rn RADON
7	87 Fr FRANS	88 Ra RAD	89 Ac AKTYN	104 Unq UNNLIKWAD	105 Unp UNNIPENT	106 Unh UNNILHEKS	107 Uns UNNILSEPT	108 Uno UNNILOKT	109 Une UNNILENN	110	111	112	113	114	115	116	117	118

**LANTANOWCE**

58 Ce CER	59 Pr PRAZEODYM	60 Nd NEODYM	61 Pm PROMET	62 Sm SAMAR	63 Eu EUROP	64 Gd GADOLIN	65 Tb TERB	66 Dy DYSPROZ	67 Ho HOLM	68 Er ERB	69 Tm TUL	70 Yb YTERB	71 Lu LUTET
-----------------	-----------------------	--------------------	--------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------------------	---------------------	------------------	-----------------	-----------------	-------------------	-------------------

**AKTYNOWCE**

90 Th TOR	91 Pa PROTAKTYN	92 U URAN	93 Np NEPTUN	94 Pu PLUTON	95 Am AMERYK	96 Cm KIUR	97 Bk BERKEL	98 Cf KALIFORN	99 Es EINSTEIN	100 Fm FERM	101 Md MENDELEW	102 No NOBEL	103 Lr LORENS
-----------------	-----------------------	-----------------	--------------------	--------------------	--------------------	------------------	--------------------	----------------------	----------------------	-------------------	-----------------------	--------------------	---------------------



## ELEKTROUJEMNOŚĆ ( $\chi$ )

Elektroujemność - tendencja (dążność) atomu w cząsteczce związku chemicznego do przyciągania do siebie elektronów.

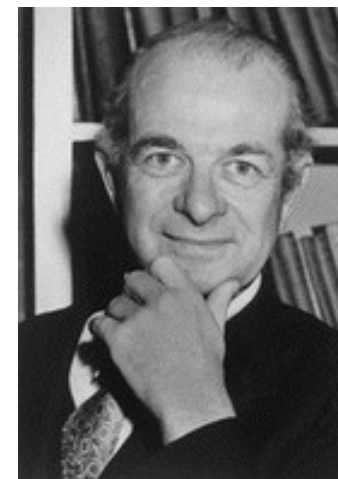
skale elektroujemności: - Pauling (1932 r.)  
- Mullikan (1935 r.)  
- Allred i Rochow (1958 r.)

cząsteczka:  $A-A \Rightarrow E_{A-A}$      $B-B \Rightarrow E_{B-B}$   
dla  $E_{A-B}$  Pauling zaproponował średnią geometryczną:

$$E_{A-B} = \sqrt{E_{A-A} \cdot E_{B-B}} \qquad \Delta\chi = 0,088\sqrt{\Delta}$$

np. dla wiązania N – H                     $\Delta = 125,9$  kJ/mol  
więc:     $\Delta\chi = \chi_N - \chi_H = 1,0$

Zał.: w celu otrzymania dla C i F wartości,  
odpowiednio **2,5** i **4,0** przesunięto początek  
skali z  $\chi_H = 0$  do  $\chi_H = 2,1$



Linus Carl Pauling  
(1901-1994)

Nagroda Nobla  
w 1954 r. z chemii  
i w 1962 pokojowa

Pierwiastek	Li	Be	B	C	N	O	F
$\chi$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

