



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE



WYDZIAŁ  
ODLEWNICTWA

# UKŁAD OKRESOWY PIERWIASTKÓW

## blok p

Dr Urszula Lelek-Borkowska

# Pierwiastki bloku p

	<b>metale</b>
	<b>niemetale</b>
	<b>metaloidy</b>
	<b>gazy szlachetne</b>

13		14		15		16		17		18	
5	10,81	6	12,01	7	14,01	8	16,00	9	19,00	10	20,18
<b>B</b>		<b>C</b>		<b>N</b>		<b>O</b>		<b>F</b>		<b>Ne</b>	
Bor		Węgiel		Azot		Tlen		Fluor		Neon	
13	26,98	14	28,09	15	30,97	16	32,07	17	35,45	18	39,95
<b>Al</b>		<b>Si</b>		<b>P</b>		<b>S</b>		<b>Cl</b>		<b>Ar</b>	
Glin		Krzem		Fosfor		Siarka		Chlor		Argon	
31	69,72	32	72,59	33	74,92	34	78,96	35	79,91	36	83,80
<b>Ga</b>		<b>Ge</b>		<b>As</b>		<b>Se</b>		<b>Br</b>		<b>Kr</b>	
Gal		German		Arsen		Selen		Brom		Krypton	
49	114,82	50	118,69	51	121,75	52	127,60	53	126,91	54	131,30
<b>In</b>		<b>Sn</b>		<b>Sb</b>		<b>Te</b>		<b>I</b>		<b>Xe</b>	
Ind		Cyna		Antymon		Tellur		Jod		Ksenon	
81	204,38	82	207,19	83	208,98	84	(~210)	85	(~210)	86	(~222)
<b>Tl</b>		<b>Pb</b>		<b>Bi</b>		<b>Po</b>		<b>At</b>		<b>Rn</b>	
Tal		Ołów		Bismut		Polon		Astat		Radon	

# Niemetale i metaloidy

Niemetale nie wykazują wyraźnych cech charakterystycznych. Większość niemetali – gazy, Br – ciecz, C, P, S, Se, I, At – ciała stałe.

Metaloidy (półmetale): Sb, As, B, Al, Ge, Si, Te mają właściwości pośrednie między metalicznymi i niemetalicznymi, błyszczącą powierzchnię w stanie stałym i wysoką temperaturę topnienia, wykazują gorszą przewodność elektryczną i cieplną typową dla metali, tworzą dość mocne kwasy nieorganiczne, dodatni stopień utlenienia, skłonność do tworzenia raczej zasad niż kwasów oraz zdolność do tworzenia związków kompleksowych.

# BOROWCE

**5**  
**B**  
Boron  
10.811

**13**  
**Al**  
Aluminum  
26.982

**31**  
**Ga**  
Gallium  
69.723

**49**  
**In**  
Indium  
114.818

**81**  
**Tl**  
Thallium  
204.383

**113**  
**Nh**  
Nihonium  
[286]

Symbol	<b>B</b>	<b>Al</b>	<b>Ga</b>	<b>In</b>	<b>Tl</b>	<b>Nh</b>
Nazwa	bor	glin	gal	ind	tal	nihonium
Konfiguracja	2s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	3s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>1</sup>	5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>1</sup>	6s <sup>2</sup> 5d <sup>10</sup> 4f <sup>14</sup> 6p <sup>1</sup>	7s <sup>2</sup> 6d <sup>10</sup> 5f <sup>14</sup> 7p <sup>1</sup>
Stopień utlenienia	+3	+3	+1,+3	+1,+3	+1,+3	-
Masa atomowa	10,81	26,98	69,72	114,82	204,38	(284)
Temp. top. [K]	2500	933,3	302,9	429,3	575,6	-
Temp. wrzenia [K]	2820	2740	2520	2340	1726	-
Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	2,34	2,70	5,9	7,31	11,85	-
Elektroujemność	2,04	1,61	1,81	1,78	2,10	-
Potencjał st. [V]	-	-1,66	-0,53	-0,34	+1,25	-

## Występowanie w przyrodzie

B  $10^{-3}\%$ ; Al 7,45% (po Si i O); Ga  $2 \times 10^{-3}\%$ ; In  $10^{-5}\%$ ; Ta  $10^{-5}\%$ .

**Bor** występuje w postaci minerałów: boraks  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , kernit  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  oraz kolemanit  $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .



**Gal** występuje w ilościach śladowych w boksycie, kaolinicie i rudach cynku.

**Ind** oraz **Tal** występują w niewielkich ilościach w minerałach zawierających cynk, żelazo, ołów i miedź.

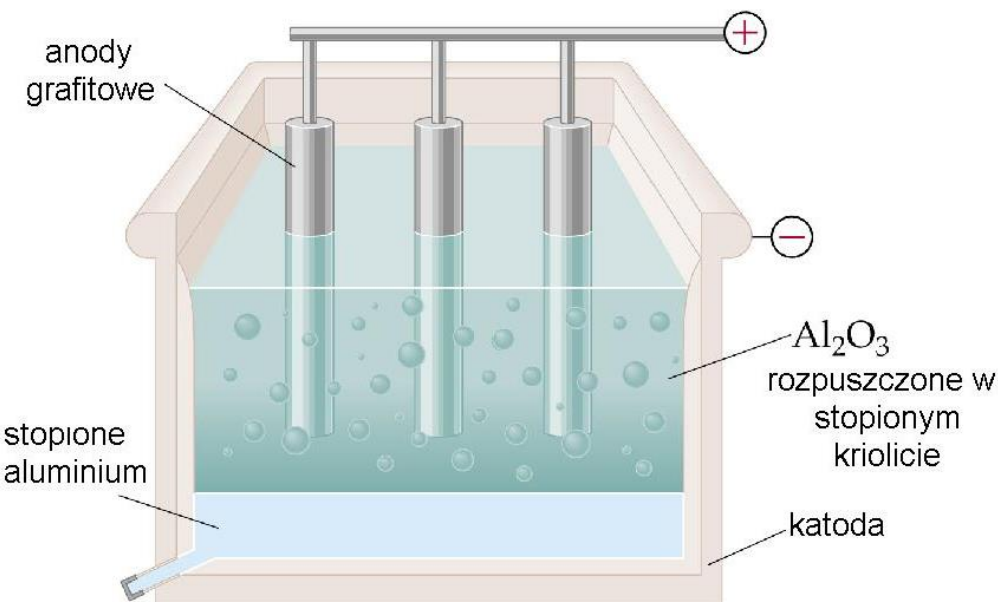
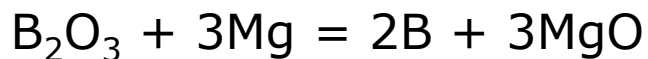
# Występowanie w przyrodzie

**Glin** występuje w glinokrzemianach: kaolinicie  $[Al_4(OH)_8][Si_4O_{10}]$ , silimanicie  $Al_2SiO_5$ , albicie  $Na[AlSi_3O_8]$ , ortoklazie  $K[AlSi_3O_8]$ , a także boksycie  $Al_2O_3 \cdot xH_2O$ , kriolicie  $Na_3[AlF_6]$ , gibbsycie  $Al(OH)_3$ , granicie, bazalcie (skały magmowe) oraz korundzie  $Al_2O_3$  (rubin, szafir) i berylu  $Be_3Al_2(SiO_3)_6$  + domieszki Fe, Cr, Mn, V, Cs (szmaragd, akwamaryn).

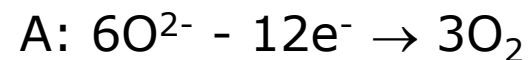
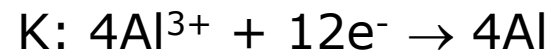


# Otrzymywanie

Bor otrzymuje się poprzez redukcję tlenku magnezem:



Glin otrzymuje się z rudy boksytowej  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  po wstępnej przeróbce do  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , a następnie poprzez elektrolizę w stopionym kriolicie  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ :



Gal na skalę przemysłową otrzymuje się z boksytu jako produkt uboczny przy produkcji cynku i aluminium.



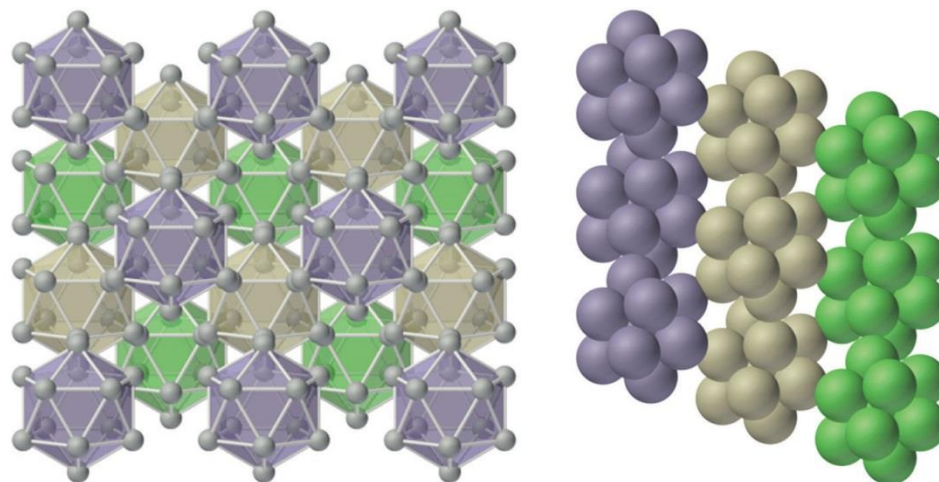
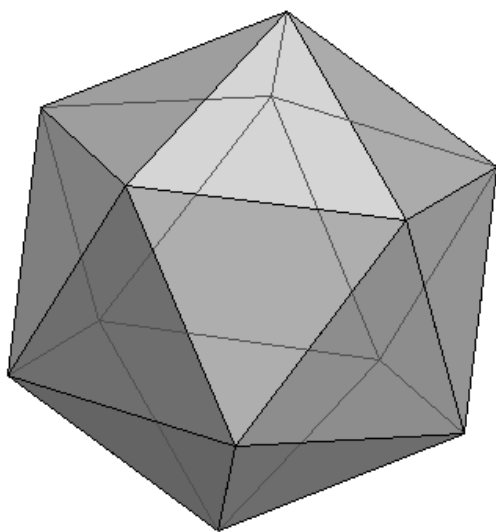
Ind jest otrzymywany jako produkt uboczny z blendy cynkowej.

Tal otrzymuje się jako produkt uboczny przy przeróbce pirytów, metaliczny powstaje w wyniku elektrolizy stopionego  $TiCl_4$ .



# Własności chemiczne i fizyczne

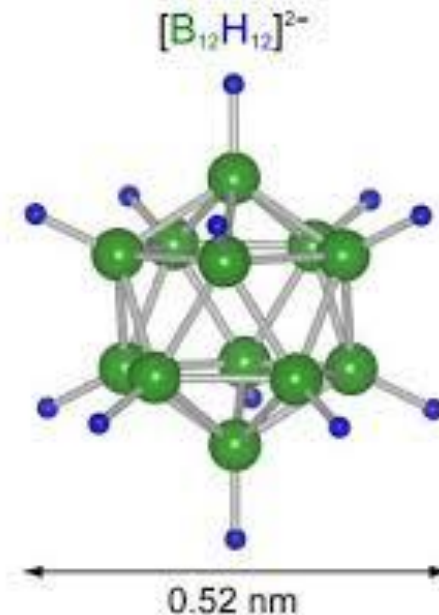
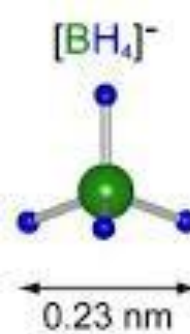
Bor należy rozpatrywać oddzielnie, ponieważ jest on pierwiastkiem niemetalem. Występuje w trzech odmianach alotropowych: romboedrycznej  $\alpha$ , romboedrycznej  $\beta$  oraz tertragonalnej. Podstawową komórką sieci krystalicznej każdej z tych odmian alotropowych jest dwudziestościan (iksoaedr) zawierający w narożach 12 atomów boru.



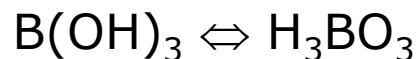
struktura B<sub>12</sub>

Z wodorem tworzy borowodory o ogólnym wzorze  $B_nH_{n+4}$  lub  $B_nH_{n+6}$  - substancje toksyczne, o nieprzyjemnym zapachu.

Z metalami tworzy borki  $M_nB_m$ , które charakteryzują się dużą odpornością na czynniki chemiczne, wysokimi temperaturami topnienia (na ogół powyżej 2300K), a w niektórych przypadkach także dobrym przewodnictwem elektrycznym.

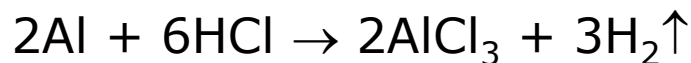


Wodorotlenek boru ma własności amfoteryczne:

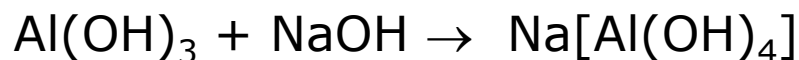
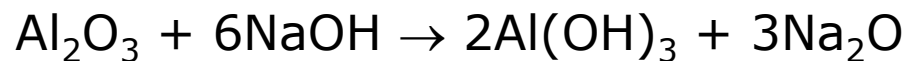


Glin jest kowalnym, ciągliwym, dającym się łatwo rozwałcować srebrzystym metalem, ulega pasywacji.

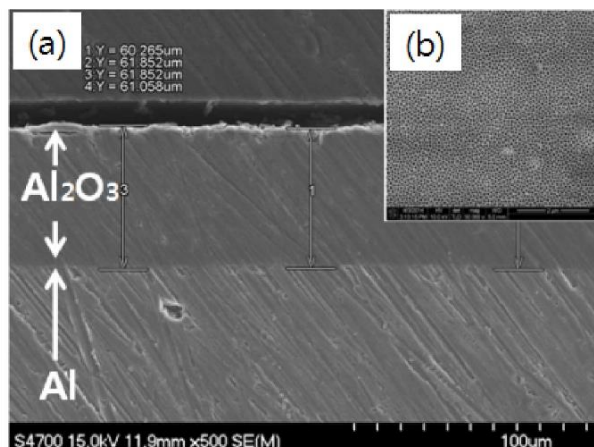
Reaguje z rozcieńczonymi kwasami wypierając wodór:



Tlenek glinu ma własności amfoteryczne:



tetrahydroksoglinian sodu

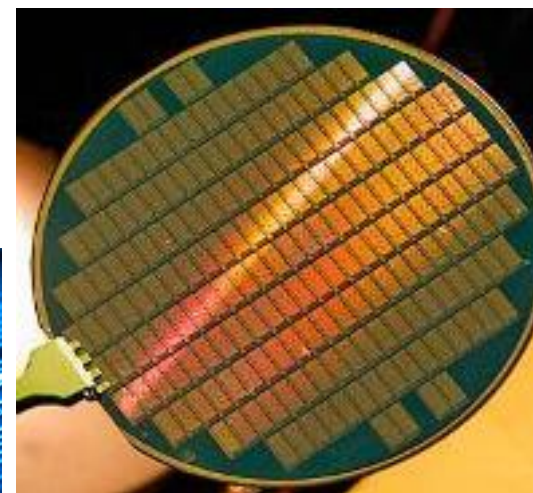
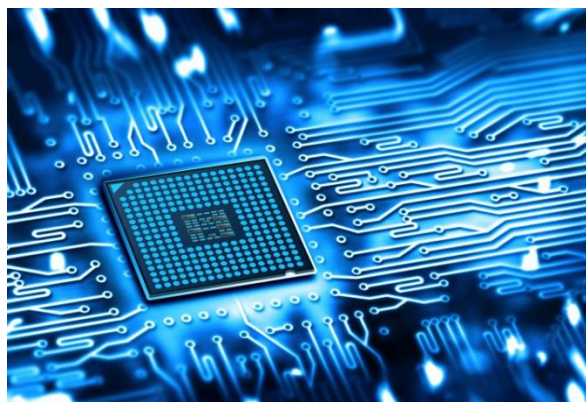
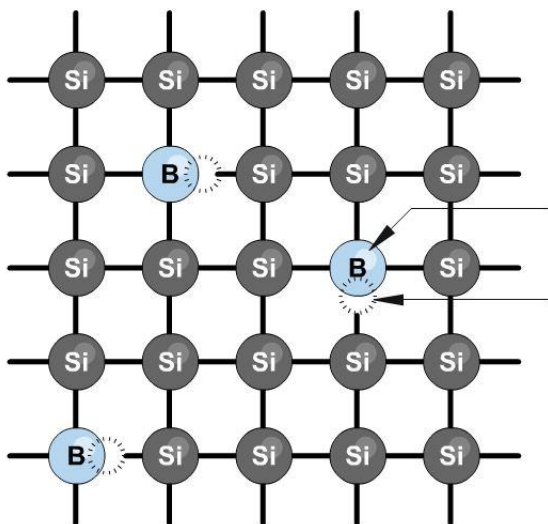


Gal, Ind i Tal są srebrzystymi, miękkimi metalami. Ich tlenki i wodorotlenki mają charakter amfoteryczny. Związki talu są silnie trujące.



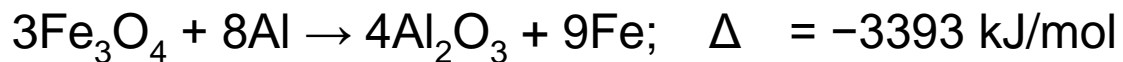
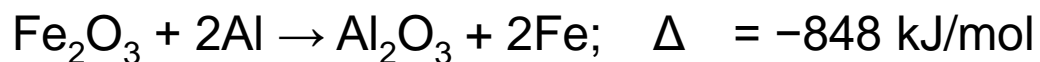
# Zastosowanie

**Bor** – w postaci wolnego pierwiastka stosuje się jako domieszkę do półprzewodników, natomiast związki boru znajdują zastosowanie w postaci lekkich materiałów, nietoksycznych środków owadobójczych i konserwantów oraz odczynników dla syntezy chemicznej.



## Zastosowanie

**Glin** – czysty jest kruchy i łamliwy, sproszkowany używany jest do produkcji termitu – mieszaniny tlenku żelaza i aluminium, stosowanej jako bojowy środek pirotechniczny – wkład w granatach ręcznych lub magnetycznych.



Termit jest stosowany do przecinania i spawania szyn kolejowych bez użycia ciężkiego sprzętu. W hutnictwie używa się go w tzw. procesie termitowym – redukcji rud do czystych metali, np. w ten sposób uzyskiwano czystego uranu na potrzeby projektu Manhattan.

Stopy Al z Cu i Mo (duraluminium) są używane do wyrobu szerokiej grupy produktów - od puszek do napojów do części statków kosmicznych. Siluminy (stopy z Si), wykorzystywane są w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym.



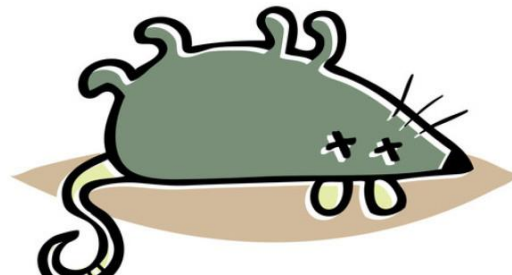
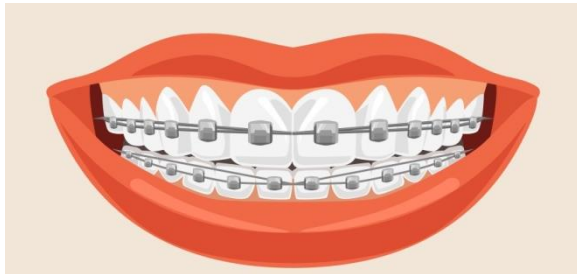
**Gal** - tworzy stopy użytkowe z licznymi metalami. W farbach świecących spełnia rolę aktywatora. Służy do produkcji termometrów wysokotemperaturowych. Niektóre związki galu jak np. arsenek i antymonek galu GaAs znajdują szerokie zastosowanie do produkcji półprzewodników oraz baterii słonecznych. Izotop  $^{67}\text{Ga}$  używany jest do scyntygraficznego diagnozowania nowotworów układu limfatycznego i tkanek miękkich.





**Ind** - bywa stosowany w stopach dentystycznych, składnik powłok antykorozyjnych, stosowany w produkcji tranzystorów, wyświetlaczy LCD.

**Tal** - znajduje zastosowanie jako składnik stopów, szkła optycznych, elementów półprzewodnikowych, fotoogniw, katalizatorów, pestycydów (trucizn na szczury), termometrów.

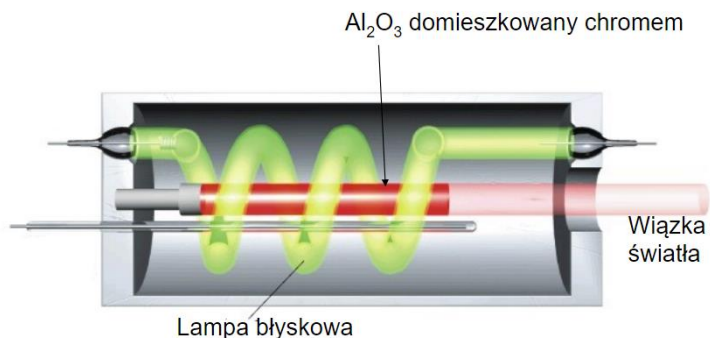


## Najważniejsze związki

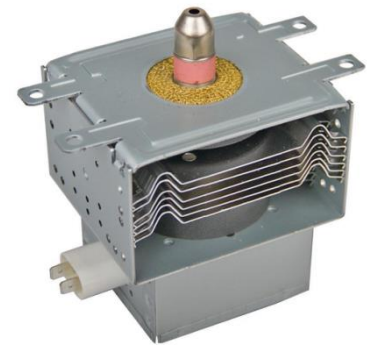
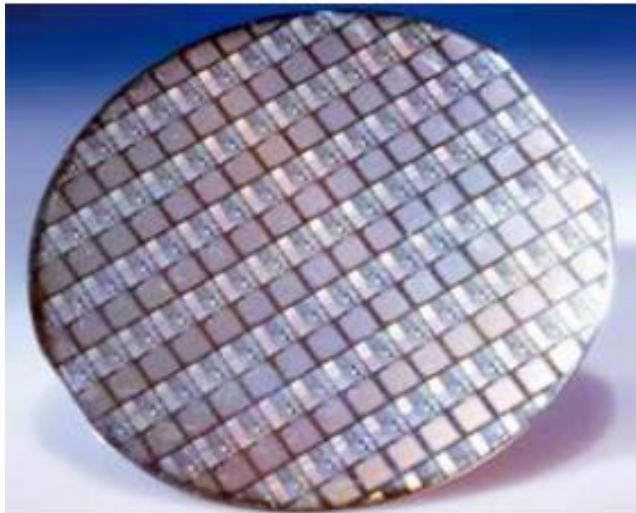
**H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> kwas ortoborowy** zwany potocznie kwasem bornym – służy do produkcji boraksu, jako nawóz oraz lekki środek dezynfekujący.

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> trójtlenek glinu** – występuje w dwóch odmianach: α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (korund) stosowany do wytwarzania materiałów szlifierskich i ogniotrwałych, w konstrukcji laserów oraz w jubilerstwie, γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – surowiec do otrzymywania metalicznego glinu metodą elektrochemiczną

**Glinokrzemiany** – stosowane do produkcji ceramiki.



**GaAs arsenek galu** – drugi po krzemie najczęściej stosowany materiał w mikro- i optoelektronice oraz technice mikrofalowej. Procesory oparte na GaAs mogą pracować z częstotliwościami przekraczającymi 250 GHz.



# WĘGLOWCE

Symbol	<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Ge</b>	<b>Sn</b>	<b>Pb</b>	<b>Fl</b>
Nazwa	węgiel	krzem	german	cyna	ołów	flerovium
Konfiguracja	$2s^2p^2$	$3s^2p^2$	$4s^23d^{10}4p^2$	$5s^24d^{10}5p^2$	$6s^25d^{10}4f^{14}6p^2$	$7s^26d^{10}5f^{14}7p^2$
Stopień utlenienia	<b>+2,+4</b>	<b>+4</b>	<b>+2,+4</b>	<b>+2,+4</b>	<b>+2,+4</b>	-
Masa atomowa	10,81	26,98	69,72	114,82	204,38	(289)
Temp. top. [K]	3820	1680	1220	505	600	-
Temp. wrzenia [K]	5100	2750	3103	2960	2024	-
Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	2,1–2,3	2,33	5,32	7,28	11,34	-
Elektroujemność	2,55	1,9	2,01	1,78	2,33	-
Potencjał st. [V]	-	-	-	-0,14	-0,13	-

<b>6</b>	<b>C</b> Carbon 12.011
----------	------------------------------

<b>14</b>	<b>Si</b> Silicon 28.086
-----------	--------------------------------

<b>32</b>	<b>Ge</b> Germanium 72.631
-----------	----------------------------------

<b>50</b>	<b>Sn</b> Tin 118.711
-----------	-----------------------------

<b>82</b>	<b>Pb</b> Lead 207.2
-----------	----------------------------

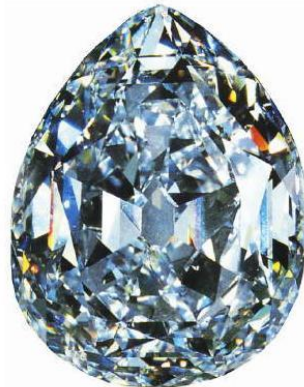
<b>114</b>	<b>Fl</b> Flerovium [289]
------------	---------------------------------

## Występowanie w przyrodzie:

C - 0,08%; Si - 27,7% ; Ge -  $2 \times 10^{-3}\%$ ; Sn -  $4 \times 10^{-3}\%$ ; Pb -  $2 \times 10^{-4}\%$ .

**Węgiel** występuje przede wszystkim w postaci tlenku węgla (IV)  $\text{CO}_2$  (0,03% obj. powietrza), węglanów:  $\text{CaCO}_3$  (wapień, marmur, kreda),  $\text{MgCO}_3$  (magnezyt),  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  (dolomit),  $\text{FeCO}_3$  (syderyt), w materii ożywionej oraz w złożach pochodzenia biologicznego: węgiel kamienny, ropa naftowa, gaz ziemny. W stanie wolnym występuje w niewielkich ilościach w postaci grafitu i diamentu.

**antracyt**



**największy  
diament**

**„Gwiazda Afryki”**

**530.2 karatów**

**(106.04 g)**



**AGH**

**Krzem** występuje w postaci glinokrzemianów: kaolinit  $[Al_4(OH)_8][Si_4O_{10}]$ , silimanit  $Al_2SiO_5$ , albit  $Na[AlSi_3O_8]$ , ortoklaz  $K[AlSi_3O_8]$ , a także w postaci tlenku krzemu (IV)  $SiO_2$  – krzemionki (piasek) oraz kwarcu.



**agat**



**ametyst**



**jaspis**



**krzemień**



**krzemień  
pasiasty**



**kryształ  
górski**



**karneol**



**morion**



**onyx**



**opal**

**German** występuje jako domieszka w niektórych gatunkach węgla kamiennego. Podstawową rudą germanu jest germanit  $\text{Cu}_3(\text{Ge}, \text{Fe})\text{S}_4$ .

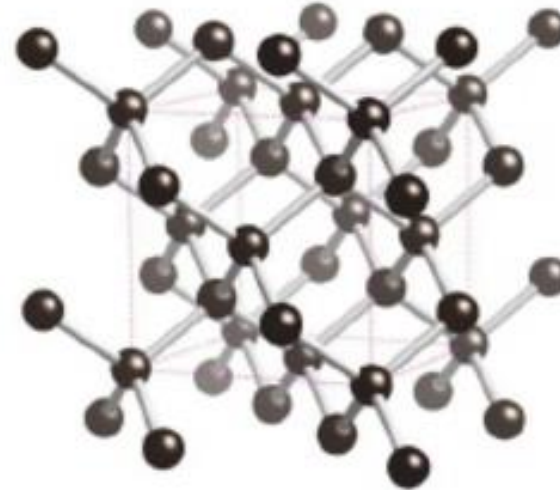
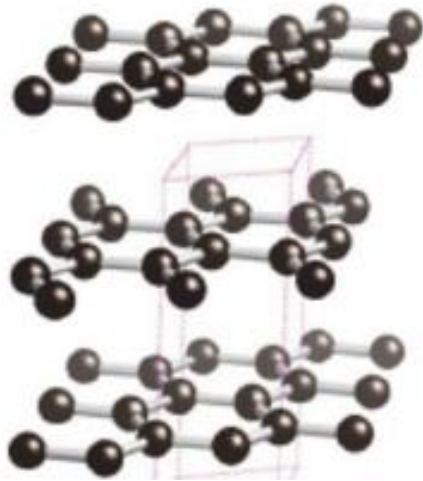
**Cyna** występuje w postaci kasyderytu  $\text{SnO}_2$ .

**Ołów** posiada kilka znaczących minerałów:  $\text{PbS}$  (galena),  $\text{PbCO}_2$  (cerusyt),  $\text{PbCrO}_4$  (krokoit) oraz  $\text{PbSO}_4$  (anglezyt).



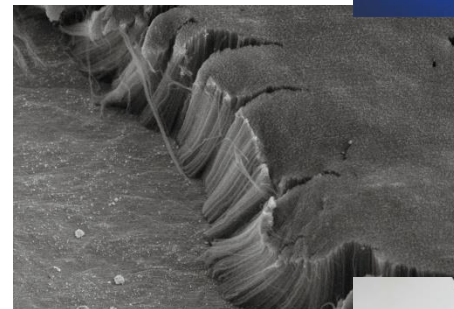
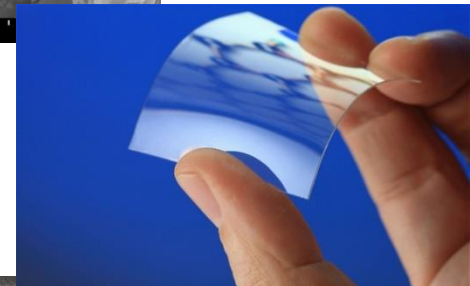
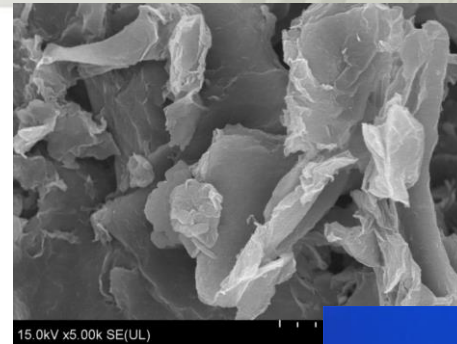
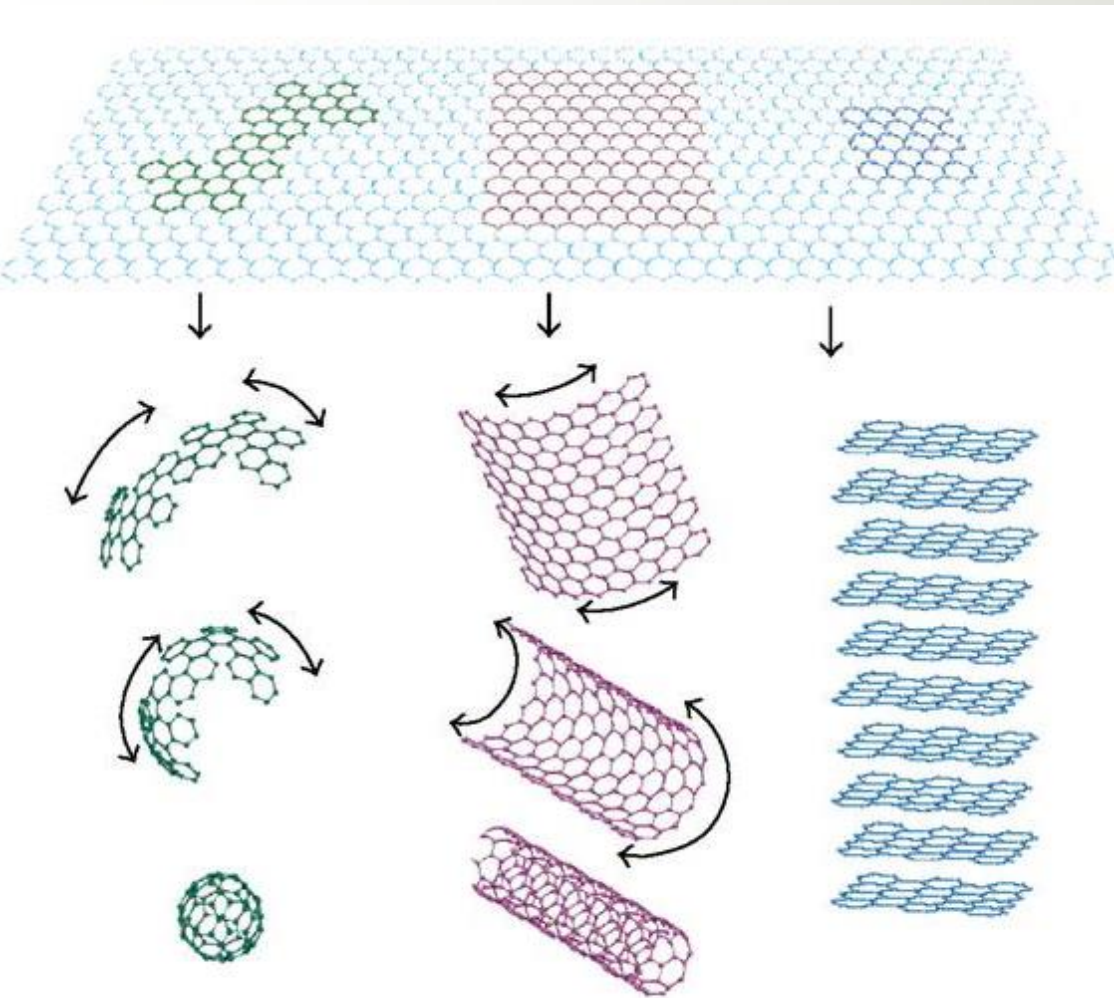
# Węgiel

Podstawowe odmiany alotropowe węgla: grafit i diament.





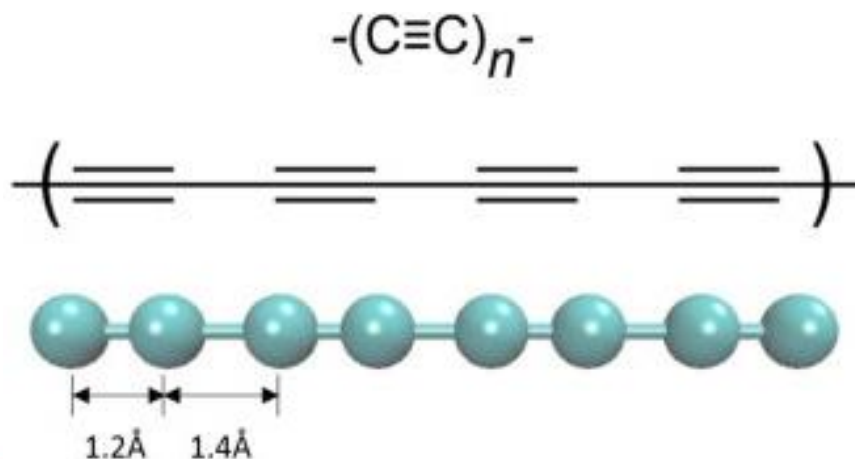
# Węgiel – grafen, fuleren, nanorurki

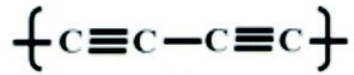


Jeden gram grafenu ma powierzchnię około pięciu kortów tenisowych.

# Węgiel - karbin

Karbin - alotropowa odmiana węgla wykryta w meteorytach i pył międzygwiazdny, w ostatnich latach zsyntetyzowany w laboratorium. Łańcuch atomów węgla połączonych wiązaniami wielokrotnymi ( $=C=C=C=$ ) lub ( $-C\equiv C-C\equiv C-$ ). Może zostać skręcony podobnie, jak nici DNA. Może mieć duże znaczenie w takich dziedzinach, jako magazynowanie energii (baterie, superkondensatory) może być wykorzystany jako „gąbki” do magazynowania wodoru, Wyliczenia wskazują, że powinien być mocniejszy i ok. 40 razy trwadszy niż diament.

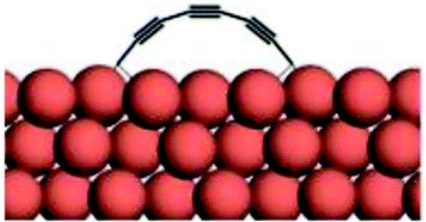




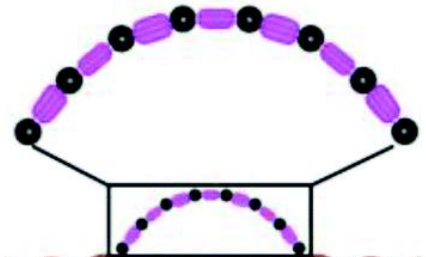
(a)



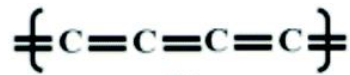
(c)



(e)



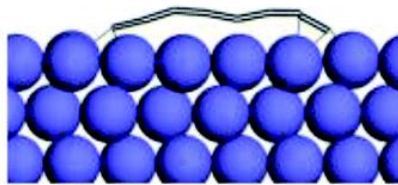
(g)



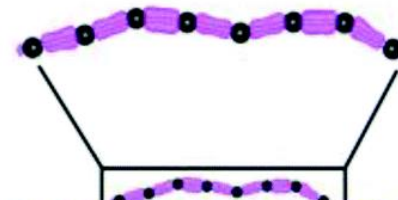
(b)



(d)



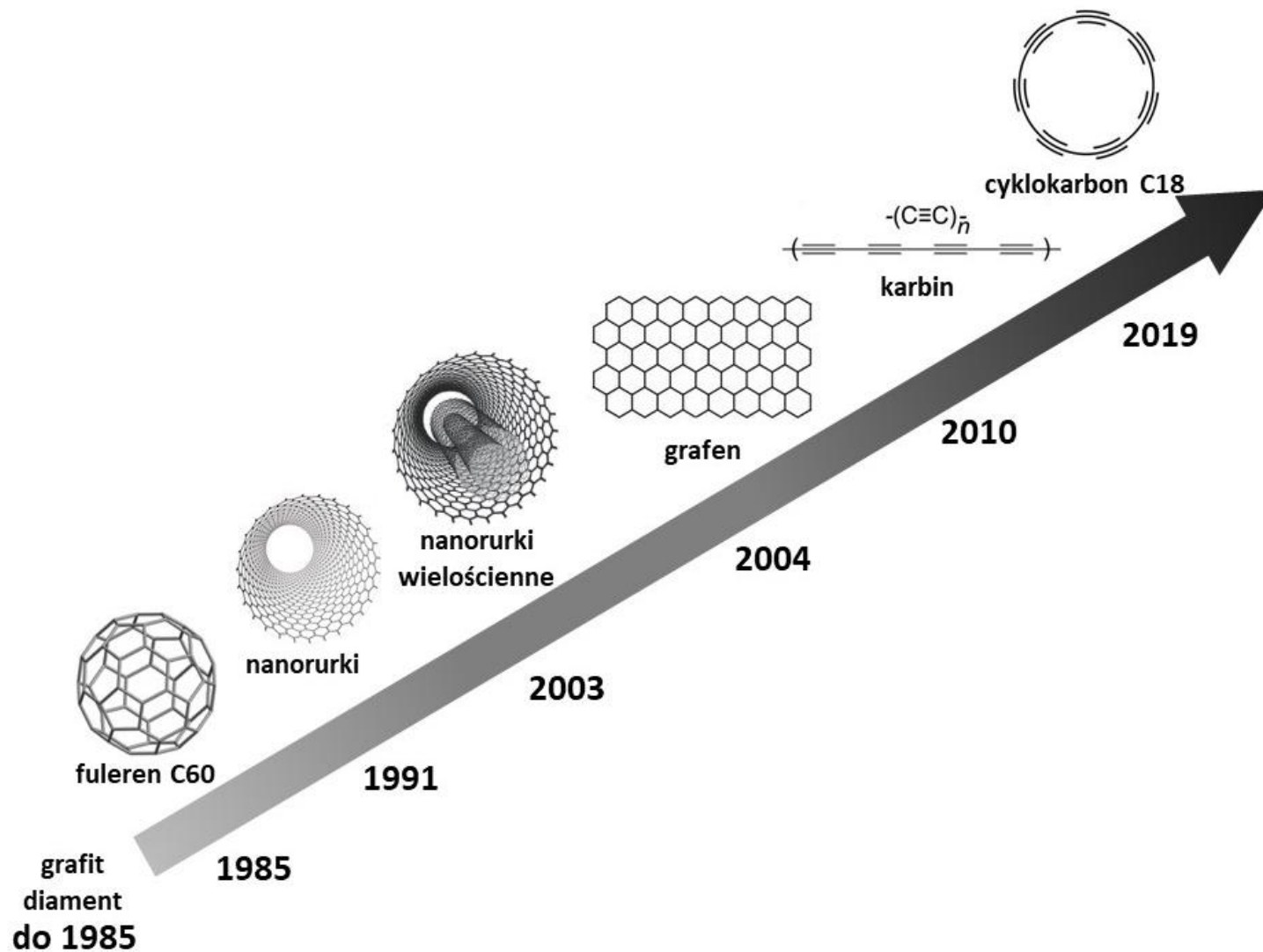
(f)



(h)

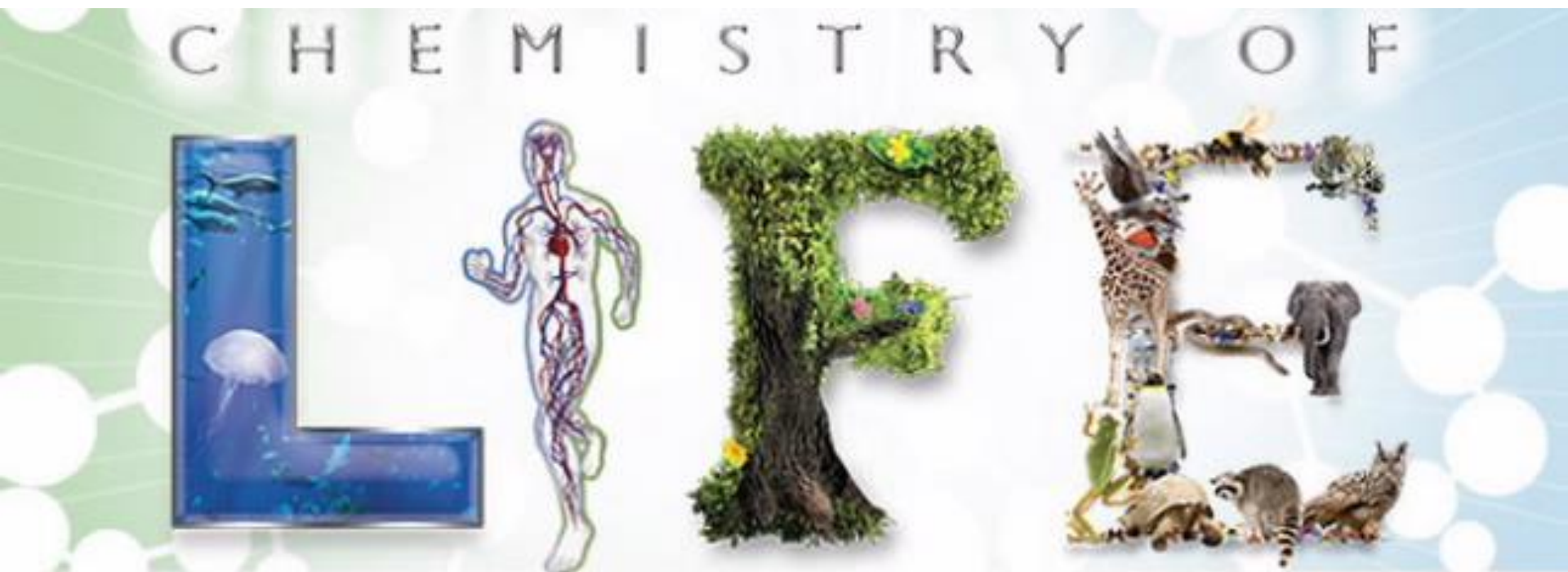
Yuan Q, Ding F (2014) Formation of carbyne and graphyne on transition metal surfaces. *Nanoscale* 6 (21):12727-12731

# Węgiel – historia odkryć



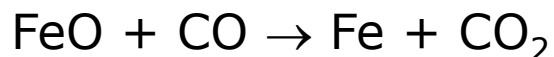
## Najważniejsze związki węgla

Chemia związków węgla to ogromna liczba związków organicznych.

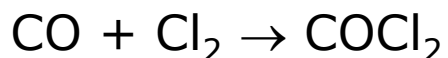


**CO tlenek węgla (II)**, czad – bezwonny, bezbarwny, palny, silnie trujący gaz (w hemoglobinie zajmuje miejsce cząsteczki tlenu).

Stosowany w metalurgii jako reduktor:



W obecności węgla aktywnego, jako katalizatora tworzy fosgen:

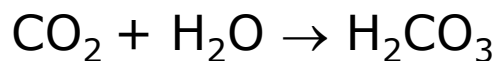


Mieszanina CO i H<sub>2</sub> jest surowcem wyjściowym do produkcji syntetycznej benzyny.

CO jak ligand tworzy kompleksowe karbonylki M<sup>1</sup>[M<sup>2</sup>(CO)<sub>n</sub>]

**CO<sub>2</sub> tlenek węgla (IV)**, dwutlenek węgla – bezbarwny, bezwonny, niepalny gaz. Oskarżany za odpowiedzialność za efekt cieplarniany

CO<sub>2</sub> w reakcji z wodą tworzy słaby kwas węglowy **H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**:



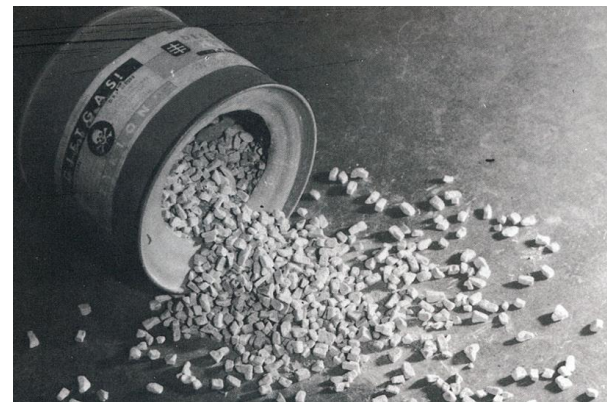
**M<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>** węglany – najczęściej spotykane minerały (wapienie, dolomity...)

**M<sup>n</sup>(HCO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>** wodorowęglany – sole mineralne powodujące twardość wody



**CS<sub>2</sub>** dwusiarczek węgla – substrat w syntezie CCl<sub>4</sub>, oraz sztucznego jedwabiu.

**HCN** cyjanowodór (kwas pruski) bardzo toksyczny gaz, składnik migdałów, ziemia okrzemkowa nasycona HCN – Cyklon B.



**NaCN** cyjanek sodu stosowany w ekstrakcji złota i srebra oraz galwanotechnice (powstają kompleksowe cyjanki metali ciężkich).



**SiC** węgiel krzemu (karborund) o twardości zbliżonej do diamentu stosuje się jako materiał szlifierski.

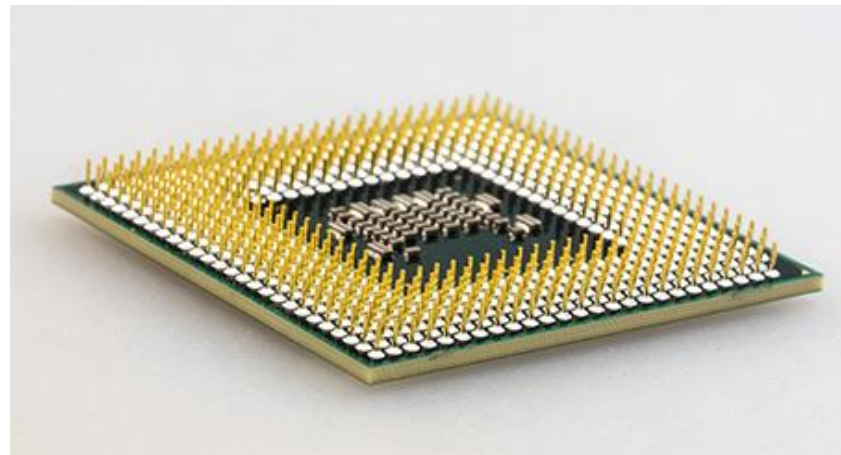
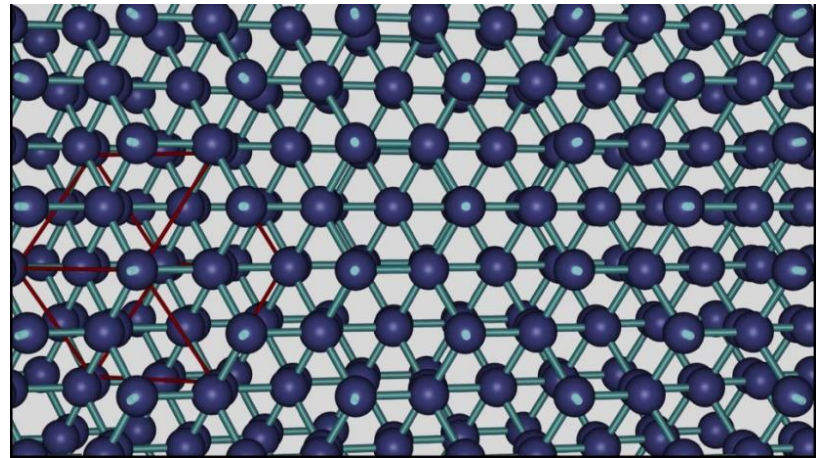
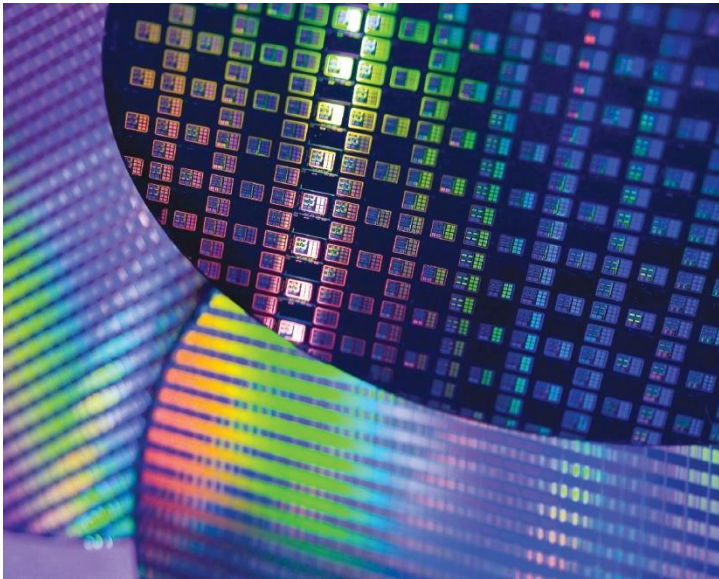
**TiC**, stosuje się do pokrywania ostrzy do skrawania metali.

**WC** - ma najwyższą (6000 °C) temperaturę wrzenia spośród znanych związków, wykazuje bardzo wysoką twardość używa się go w narzędziach tnących, pociskach, wygładzarkach i łożyskach, jako tańszą i bardziej odporną na działanie temperatury alternatywę diamentu.



# Krzem

Krzem elementarny ma strukturę grafitu. Wykazuje własności półprzewodnikowe.



## Najważniejsze związki krzemu

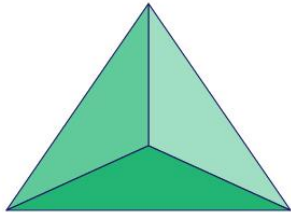
**SiO<sub>2</sub>** tlenek krzemu (IV), kwarc, stosowany przy produkcji materiałów ściernych, w przemyśle ceramicznym, szklarskim, budowlanym, optycznym, w elektronice (piezokwarc, wyświetlacz ciekłokrystaliczny), do wyrobu detergentów, farb, pasty do zębów, kamienie ozdobne.

**Szkło** – amorficzny przechłodzony ciekły SiO<sub>2</sub>.

**H<sub>2n</sub>Si<sub>m</sub>O<sub>2m+n</sub>** kwasy krzemowe i ich sole krzemiany – ponad 90% skał tworzących skorupę ziemską.



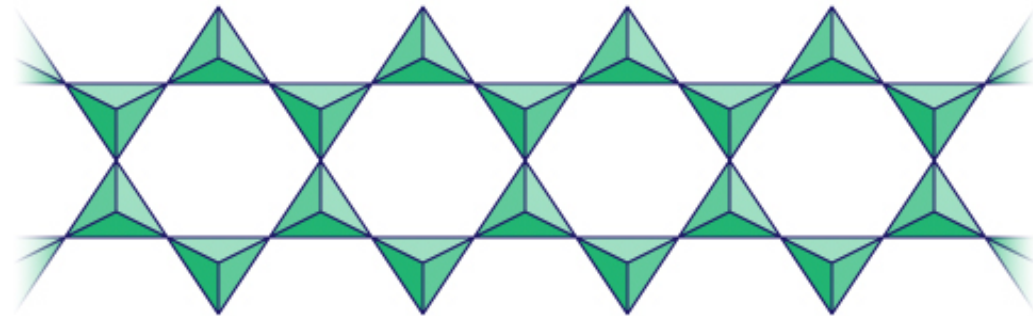
# Krzemiany



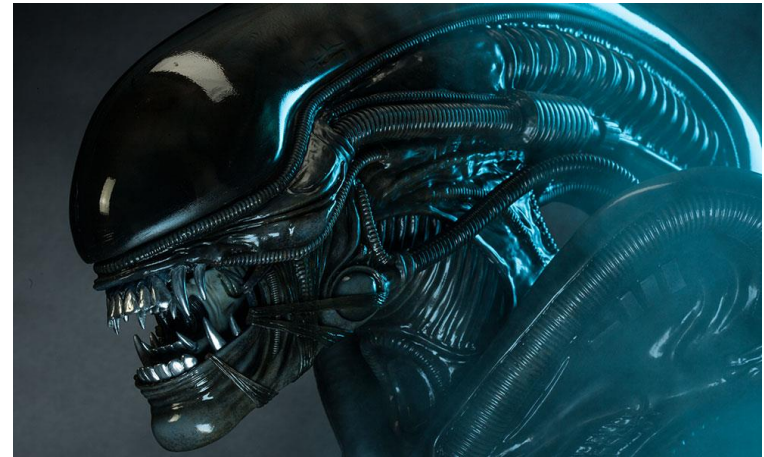
proste



łańcuchowe



pierścieniowe





AGH

$R_nSiX_mO_y$  żywice silikonowe – stosowane jako: hydrożele  
stosowane jako implanty tkanek miękkich, gumy silikonowe,  
jako oleje hydrauliczne, dodatki do farb, środki smarujące.



# Własności chemiczne i fizyczne Ge, Sn, Pb

**German** - fluorki i arsenki germanu, wykazują własności półprzewodnikowe i elektroluminescencyjne.

**Cyna** posiada dwie odmiany alotropowe:  $\alpha$  (cyna szara) oraz  $\beta$  (cyna biała) ciągliwa, kowalna, odporna na korozję, krystalizująca w układzie tetragonalnym.

**Ołów** miękki, plastyczny metal o barwie szarej, związki ołowiu są trujące. Na powietrzu pasywuje się, tlenek ołowiu (II) wykazuje własności amfoteryczne. Metaliczny ołów pochłania promieniowanie roentgenowskie oraz promieniowanie gamma.



# Zastosowanie

**German** - domieszka półprzewodników krzemowych

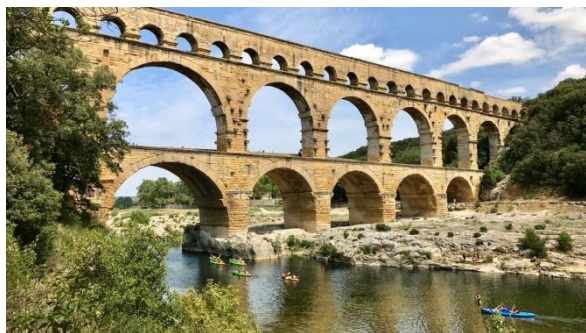
**Cyna** - kiedyś szeroko stosowana do wyrobu naczyń (XIV - XVI wiek).

Obecnie - do pokrywania metali warstwą antykorozyjną. np. puszek do konserw. Stop Sn i Pb stosowany jest jako stop lutowniczy, do wyrobu czcionek drukarskich. Stopy Sn i Cu - brązy używane są na elementy sprężyste, tuleje i panwie łożyskowe, monety, elementy pracujące w wodzie morskiej, armaturę, odlewy artystyczne.



## Zastosowanie

**Ołów** dawniej był stosowany do produkcji rur w akweduktach. Obecnie w akumulatorach, do produkcji odpływowych rur kanalizacyjnych, śrutu, amunicji, osłon w reaktorach jądrowych i aparatach rentgenowskich, pojemników do transportu izotopów radioaktywnych.





## Najważniejsze związki

**$\text{Ge}_3\text{N}_2$**  azotek germanu - półprzewodnik, obecnie rzadko stosowany.

**$\text{Pb}_3\text{O}_4$  ( $\text{PbO}_2 \cdot 2\text{PbO}$ )**, minia ołowiana, tlenek diłowiu(II) ołowiu(IV), pigment o barwie pomarańczowoczerwonej stosowany w zabezpieczeniach antykorozyjnych, kitów uszczelniających oraz w hutnictwie szkła.



**$\text{Pb}(\text{N}_3)_2$**  azotek ołowiu - detonator

**$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$**  tetraetylołów środek przeciwstukowy w benzynach silnikowych (obecnie wycofany).

# AZOTOWCE

7 <b>N</b> Nitrogen 14.007	Symbol	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>As</b>	<b>Sb</b>	<b>Bi</b>	<b>Mc</b>
15 <b>P</b> Phosphorus 30.974	Nazwa	azot	fosfor	arsen	antymon	bismut	moscovium
33 <b>As</b> Arsenic 74.922	Konfiguracja	$2s^2p^3$	$3s^2p^3$	$4s^23d^{10}4p^3$	$5s^24d^{10}5p^3$	$6s^25d^{10}4f^{14}6p^3$	$7s^26d^{10}5f^{14}7p^3$
51 <b>Sb</b> Antimony 121.760	Stopień utlenienia	$-1 \div +5$	$3, +3, +5$	$-3, +3, +5$	$-3, +3, +5$	$+3, +5$	-
83 <b>Bi</b> Bismuth 208.980	Masa atomowa	14,00	30,97	74,92	121,75	208,98	(289)
115 <b>Mc</b> Moscovium [289]	Temp. top. [K]	62,29	317,3	1090	903,7	544,5	-
	Temp. wrzenia [K]	77,4	553,7	889	1908	1854	
	Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	1,25	1,82	5,72	6,69	9,78	
	Elektroujemność	3,07	2,06	2,20	1,82	1,68	

## Występowanie w przyrodzie:

N - 78,09% obj. powietrza; P 0,11%; As  $5 \times 10^{-4}\%$ ; Sb  $2 \times 10^{-5}\%$ ; Bi  $1,7 \times 10^{-5}\%$ .

**Azot** główny składnik atmosfery ziemskiej, w postaci związków występuje przeważnie w organizmach żywych.



## Występowanie w przyrodzie:

**Fosfor** występuje w postaci minerałów - apatyków, np.  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ , składnik muszli, kości i zębów - apatyt węglanowy  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  oraz hydroksylowy  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ .



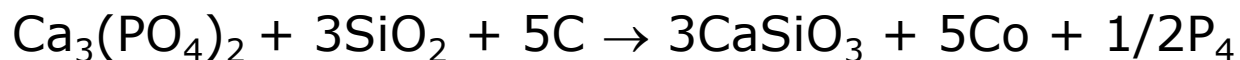
**Arsen** występuje sporadycznie w postaci siarczków:  $\text{As}_2\text{S}_3$  aurypigment,  $\text{As}_4\text{WS}_4$  realgar,  $\text{FeAsS}$  arsenopiryty.

**Antymon i bizmut** występują w postaci siarczków i tlenków:  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  antymonit,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  bizmutyn,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  walentynit,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ochra bizmutowa.

## Otrzymywanie

Azot otrzymuje się przez frakcjonowaną destylację skroplonego powietrza.

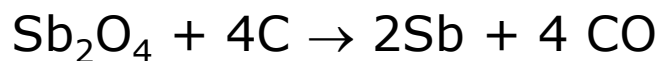
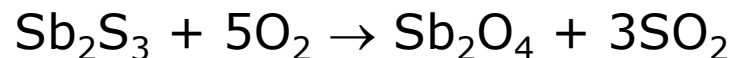
Fosfor otrzymuje się przez ogrzewanie fosforanu wapnia z piaskiem i koksem bez dostępu powietrza w piecu elektrycznym w temp. 1570-1720K:



Arsen otrzymuje się z rozkładu arsenopiryty bez dostępu powietrza:

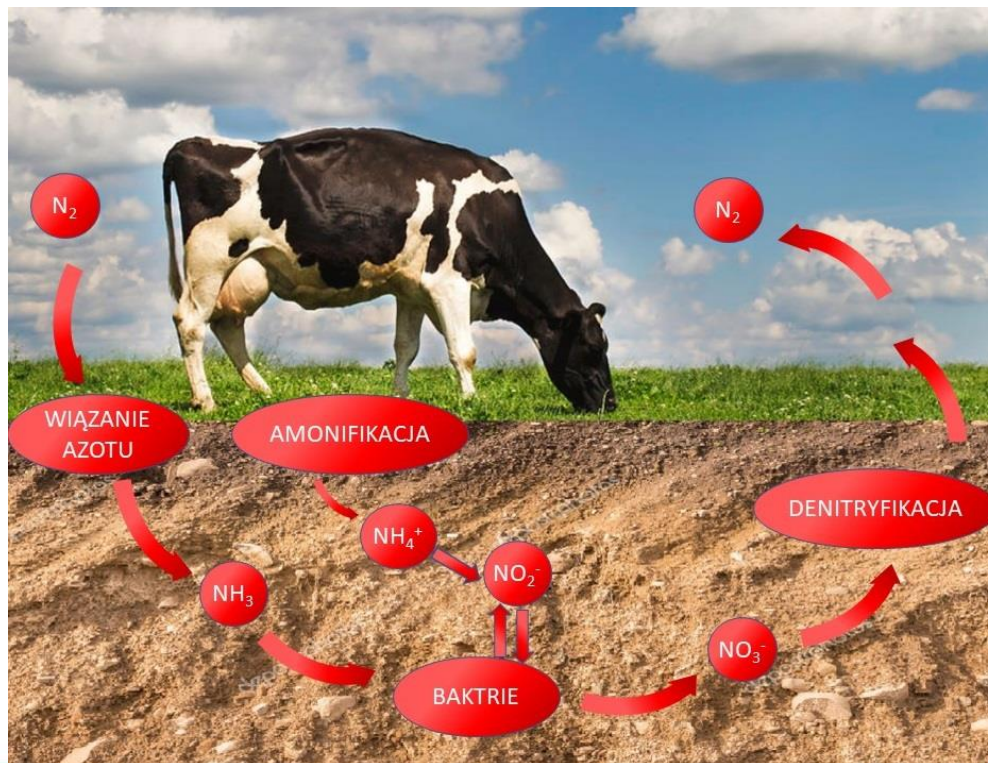


Antymon i bizmut otrzymuje się przez prażenie siarczków, a następnie redukcję otrzymanych tlenków węglem:



## Własności chemiczne i fizyczne

**Azot** - bezbarwny, bezwonny, niepalny gaz, skroplony po raz pierwszy przez Wróblewskiego i Olszewskiego. Występuje w postaci dwuatomowych cząsteczek z potrójnym wiązaniem kowalencyjnym. Niezbędny do rozwoju większości roślin i organizmów żywych.





fosfor czarny

12 000 bar

fosfor biały  
 $P_4$

280°C

fosfor czerwony

550°C

fosfor fioletowy



**Fosfor:** silnie trujący **fosfor biały** -  $P_4$ , emituje światło (chemiluminescencja), łatwopalny, fosfor czerwony - bezpostaciowy, nietoksyczny, niepalny, fosfor fioletowy; fosfor czarny - najtrwalsza odmiana, przewodzi prąd elektryczny.

## Zastosowanie

**Azot** cząsteczkowy stosowany jest jako gaz inertny w przemyśle, surowiec wyjściowy do produkcji amoniaku i kwasu azotowego, związki azotu mają zastosowanie jako nawozy sztuczne, materiały wybuchowe oraz tworzywa syntetyczne, ciekły - chłodziwo.



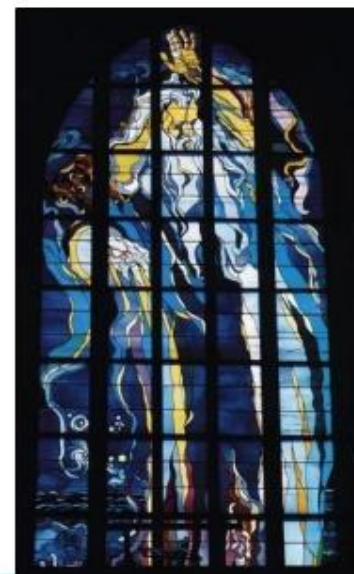
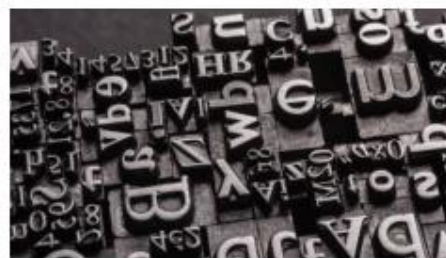




**AGH**

**Fosfor** czerwony służy do wyrobu zapalek. P elementarny jest surowcem do syntezy licznych związków, w metalurgii służy jako dodatek do brązów fosforowych. Fosfor biały – środki wybuchowe.

**Antymon i bizmut** stosowane są jako dodatki stopowe: Sb - stop łożyskowy i czcionkowy, Bi - stop Rosego, Wooda (temp. top. 70°C). Stop 50%Pb, 37,5% Bi, 12,5% Sn służy do łączenia szkła z metalem (witraże).



## Najważniejsze związki

**NH<sub>3</sub>** - substrat do produkcji nawozów sztucznych, materiałów wybuchowych, cyjanowodoru, tkanin syntetycznych i tworzyw sztucznych.

**N<sub>2</sub>O** tlenek azotu (I) (podtlenek azotu) - gaz rozweselający, dawniej środek znieczulający, dodatek do żywności *E-942 (chipsy)*, rozpuszczalny w tłuszczach, wykorzystywany do tworzenia piany (bitej śmietany w sprayu), stosowany w tuningu samochodowym, wtryskiwany do cylindrów zamiast tlenu gwałtownie zwiększa szybkość spalania mieszanki.



**NO** tlenek azotu (II) odgrywa ważną rolę w organizmie: reguluje ciśnienie tętnicze krwi, hamuje agregację płytek krwi i leukocytów, wpływa na pamięć), lokalny przepływ krwi, Nobel 1998.

**NaNO<sub>2</sub>, KNO<sub>2</sub>** azotany (III) sodu i potasu stosowane m.in. Do diazowania - barwniki i konserwacji żywności.



**HNO<sub>3</sub>** kwas azotowy (V) służy do produkcji azotanów, estrów (nitrogliceryna), związków nitrowych (trójnitrotoluen - TNT), silny utleniacz, wykorzystywany w przemyśle farmaceutycznym, służy także do oczyszczania powierzchni metali. W mieszaninie z HCl (w stosunku 1:3) - woda królewska, roztwarzająca prawie wszystkie metale.

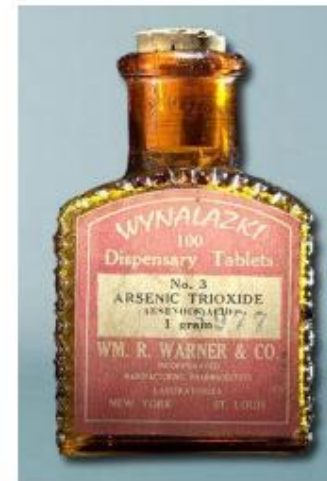
**NaNO<sub>3</sub>** saletra chilijska, **NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>** saletra amonowa, **KNO<sub>3</sub>** saletra indyjska (składnik czarnego prochu), **Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>** saletra norweska - nawozy sztuczne.



**$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$**  dwuwodorofosforan (V) wapnia - główny składnik nawozów sztucznych - superfosfatów.

**$\text{Na}_3\text{PO}_4$**  fosforan (V) sodu - składnik proszków do prania, służy do zmiękczenia wody.

**$\text{As}_2\text{O}_3$**  tlenek arsenu (III) arsenik, dawniej służył do wyrobu szkła (o zielonym zabarwieniu), emalii i farb (tzw. zieleń arsenikowa), konserwacji skór i drewna, jako trucizna na gryzonie. Obecnie wycofany z użytku.



# TLENOWCE

Symbol	<b>O</b>	<b>S</b>	<b>Se</b>	<b>Te</b>	<b>Po</b>	<b>Lv</b>
	tlen	siarka	selen	tellur	polon	livermorium
Nazwa	$2s^2p^4$	$3s^2p^4$	$4s^23d^{10}4p^4$	$5s^24d^{10}5p^4$	$6s^25d^{10}4f^{14}6p^4$	$7s^26d^{10}5f^{14}7p^4$
Konfiguracja	-2	-2,+4,+6	-2,+4,+6	-2,+4,+6	-2,+4,+6	-
Stopień utlenienia	16,00	32,06	78,96	127,60	(209)	(289)
Masa atomowa	54,3	392,2	492,4	723,0	527	-
Temp. top. [K]	90,15	717,8	958,1	1263,0	1235	-
Temp. wrzenia [K]	1,41	2,07	4,81	6,25	9,14	-
Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	3,5	2,5	2,4	2,1	(2,0)	-
Elektroujemność	73	102	117	135	164	-
Potencjał st. [V]	126	170	184	207	(230)	-

8

**O**Oxygen  
15.999

16

**S**Sulfur  
32.066

34

**Se**Selenium  
78.971

52

**Te**Tellurium  
127.6

84

**Po**Polonium  
[208.982]

116

**Lv**Livermorium  
[293]

## Występowanie w przyrodzie:

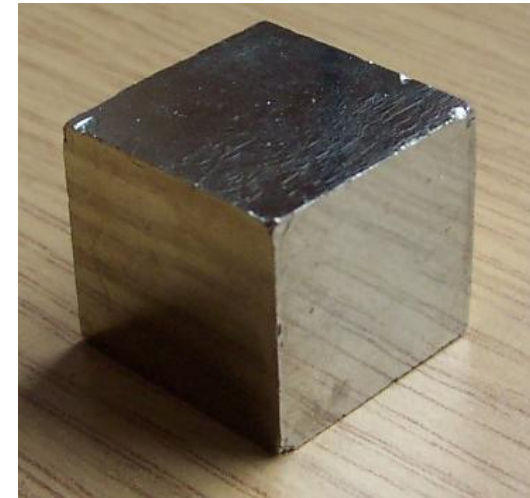
O: 46,4% litosfery, 89% hydrosfery, 23,15% atmosfery, S: 0,026%, Se:  $5 \times 10^{-6}\%$ , Te:  $10^{-7}\%$ , Po: nietrwały,

**Tlen** występuje w litosferze w postaci krzemianów i  $\text{SiO}_2$ , w postaci  $\text{H}_2\text{O}$  zajmuje 70% powierzchni ziemi, w atmosferze występuje w postaci  $\text{O}_2$ .



**Siarka** w stanie wolnym w niektórych krajach tworzy rozległe złoża (USA, Rosja, Włochy, Polska), wydobywana jest metodą flotacyjną.

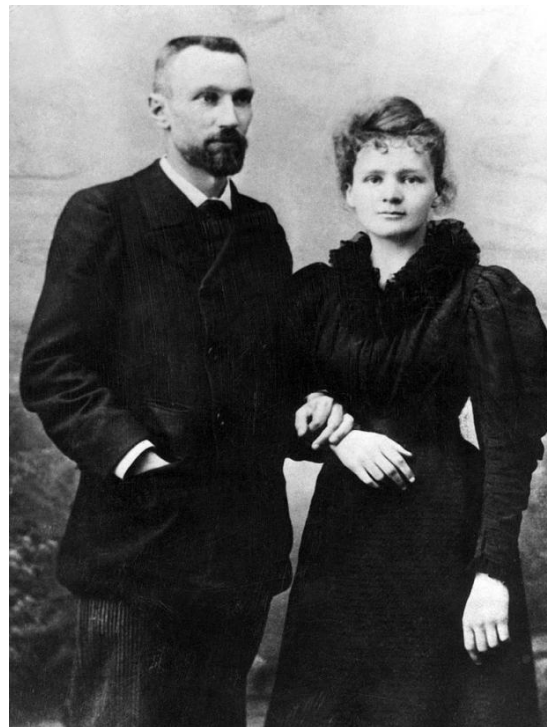
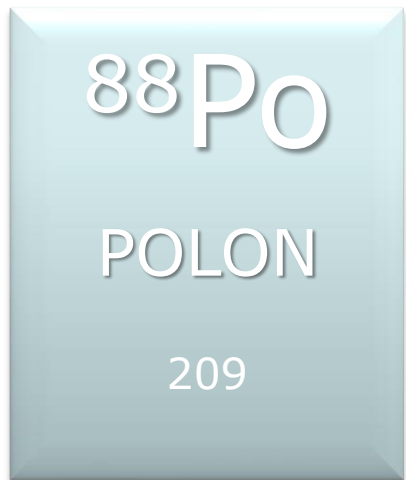
W stanie związanym występuje w postaci minerałów: ZnS (blendy cynkowa), PbS (galena ołowiowa), FeS<sub>2</sub> (piryt – złoto głupców), CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O (gips), BaSO<sub>4</sub> (baryt).





**Selen i Tellur** występują jako zanieczyszczenie niektórych rud siarczkowych (np. siarczku miedzi II).

**Polon** w śladowych ilościach znajduje się w rudach uranu, został odkryty w 1898 przez Marię i Piotra Curie.

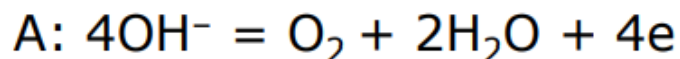
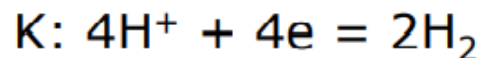


**Pierre i Maria Curie**

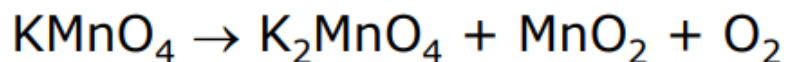
# Otrzymywanie

**O:** otrzymuje się ze skroplonego powietrza, po rozdzieleniu składników.

W procesie elektrolizy wody:



W laboratorium małe ilości tlenu otrzymuje się z rozkładu  $\text{KMnO}_4$



**S:** otrzymuje się przez rafinację siarki wydobywanej ze złóż.

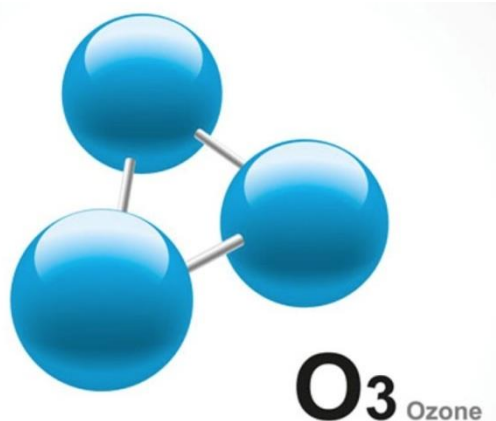
**Se:** otrzymuje się z pyłu ( $\text{SeO}_2$ ) powstającego podczas prażenia rud siarczkowych, których stanowi zanieczyszczenie.

**Tl:** otrzymuje się ze szlamu anodowego po elektrolitycznej rafinacji miedzi.



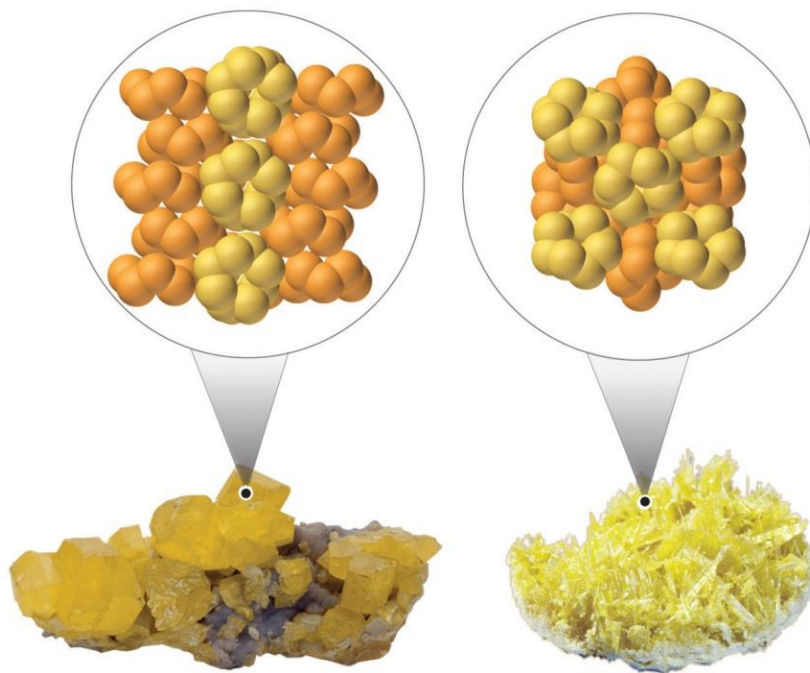
## Własności chemiczne i fizyczne

Tlen w stanie czystym występuje w trzech odmianach w postaci cząsteczek dwuatomowych  $O_2$  oraz trójatomowych - ozonu  $O_3$  o charakterystycznym zapachu, powstającego pod wpływem wyładowań atmosferycznych oraz promieniowania nadfioletowego. Szczególną jego odmianą jest odkryty w 1995 roku czteroatomowy tlen czerwony  $O_4$  - oksozon, występujący przy ciśnieniu rzędu 20 GPa (ok. 10 000atm.)



## Własności chemiczne i fizyczne

**Siarka** występuje w dwóch odmianach alotropowych: rombowej złożonej z ośmioatomowych pierścieni  $S_8$  oraz jednoskośnej (powyżej  $96,5^{\circ}C$ ). Siarka i pozostałe tlenowce są mniej aktywne od tlenu.



# Zastosowanie

**Tlen** – stosuje się w metalurgii do świeżenia metali, do spawania w acetylenie, w medycynie, do oddychania pod wodą (mieszanka tlenu i helu), w stanie ciekłym jako paliwo raketowe. Ozon posiada własności bakteriobójcze i stosowany jest do odkażania wody.



# Zastosowanie

**Siarka** - znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle kwasu siarkowego, w procesie wulkanizacji kauczuku, w medycynie do leczenia chorób skóry oraz w syntezach organicznych, dawniej w produkcji czarnego prochu.

**Selen** - fotokomórki selenowe i prostowniki, barwi szkło na rubinowo-czerwony kolor.

**Tellur** - dodatek stopowy ołowiu, poprawia własności mechaniczne i odporność na korozję. Tellurki niektórych metali ciężkich - materiały półprzewodnikowe.



## Najważniejsze związki

Najważniejsze nieorganiczne związki tlenu to: tlenki, nadtlenki, wodorotlenki, kwasy tlenowe, glinokrzemiany, węglany, siarczany, azotany, fosforany, woda, cukry i aminokwasy wchodzące w skład łańcucha DNA.

$\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  - tlenek siarki (IV),(VI)- synteza kwasu siarkowego (VI).



# FLUOROWCE

**9**  
**F**  
Fluorine  
18.998

**17**  
**Cl**  
Chlorine  
35.453

**35**  
**Br**  
Bromine  
79.904

**53**  
**I**  
Iodine  
126.904

**85**  
**At**  
Astatine  
209.987

**117**  
**Ts**  
Tennessine  
[294]

Symbol	<b>F</b>	<b>Cl</b>	<b>Br</b>	<b>I</b>	<b>At</b>	<b>Ts</b>
Nazwa	fluor	chlor	brom	jod	astat	tenesine
Konfiguracja	2s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	3s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>5</sup>	5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>5</sup>	6s <sup>2</sup> 5d <sup>10</sup> 4f <sup>14</sup> 6p <sup>5</sup>	5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> 7p <sup>5</sup>
Stopień utlenienia	-1	- <b>1,+1,+3,+5,+7</b>	- <b>1,+1,+3,+5,+7</b>	- <b>1,+1,+3,+5,+7</b>	<b>+1,+3,+5,+7</b>	-
Masa atomowa	18,99	35,45	79,90	126,91	(210)	(294)
Temp. top. [K]	50	170	266	386,18	-	-
Temp. wrzenia [K]	85	238,6	332,0	457,6	-	-
Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	1,6	3,21	3,12	4,9	-	-
Elektroujemność	4,0	2,83	2,74	2,21	1,90	-



## Występowanie w przyrodzie:

F: 0,0625% litosfery, Cl: 0,013%, Br:  $5 \times 10^{-6}\%$ , I:  $2,5 \times 10^{-4}\%$ , At:  $3 \times 10^{-24}\%$ ,

**Fluor** występuje w postaci minerałów:  $\text{CaF}_2$  fluoryt,  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  apatyt,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  Kriolit.



## Występowanie w przyrodzie:

**Chlor** występuje przede wszystkim w postaci  $\text{NaCl}$  chlorku sodu w wodach mórz i oceanów (1,9%), jak również  $\text{KCl}$  sylwinu,  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  karnalitu i  $\text{KMgCl}(\text{SO}_4) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  kainitu.

**Brom** występuje jako zanieczyszczenie piasku morskiego i soli kamiennej oraz w wodzie morskiej w formie bromku sodu  $\text{NaBr}$ .

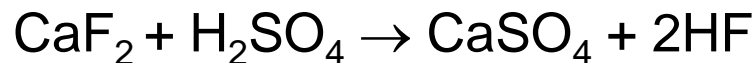
**Jod** występuje w niewielkich ilościach w wodzie morskiej w postaci połączeń organicznych.

**Astat** otrzymuje się wyłącznie na drodze sztucznej.



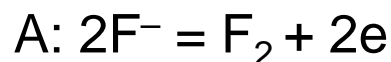
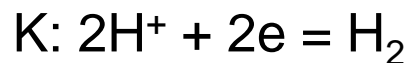
## Otrzymywanie

**F:** otrzymuje się poprzez działanie kwasem siarkowym na fluoryt

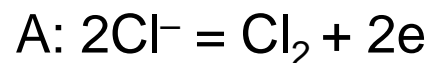
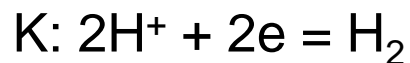


a następnie przerabia na wolny fluor.

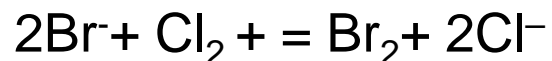
F można potrzymać w procesie elektrolizy stopionych fluorków:



**Cl:** otrzymuje się w procesie elektrolizy wodnych roztworów NaCl:



**Br:** otrzymuje się wypierając go ze związków chlorem



**I:** podobnie, jak brom.



## Własności chemiczne i fizyczne

**Fluor** i **chlor** są w warunkach normalnych gazami o żółtozielonym zabarwieniu, **brom** jest brunatną cieczą, a **jod** fioletowym ciałem stałym.

Fluorowce są trujące, ich gazy i pary drażnią drogi oddechowe.

**Fluor** - pierwiastek o najwyższej elektroujemności jest najbardziej aktywny chemicznie, pozostałe fluorowce są nieco mniej aktywne.



## Zastosowanie

**F:** służy do produkcji  $UF_6$  w procesie wzbogacania uranu, do produkcji fluorowodoru, tetrafluoroetyleny, a z niego teflonu.

**Cl:** środek wybielający, dezynfekcyjny do odkażania wody, substrat w wielu syntezach nieorganicznych i organicznych.

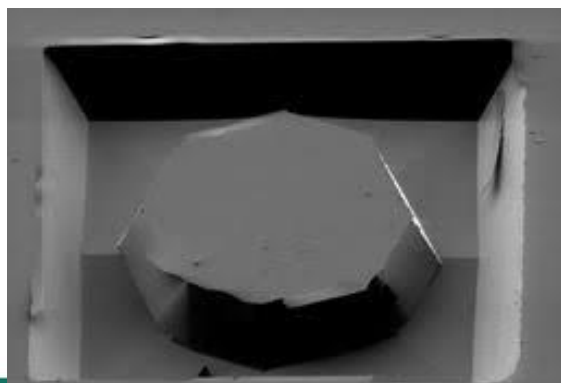
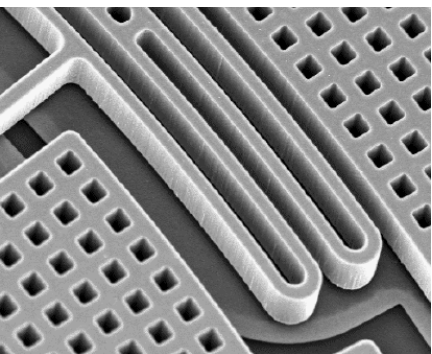
**Br:** środek uspokajający, służy do produkcji barwników syntetycznych.

**I:** środek dezynfekcyjny (jodyna), w syntezach organicznych i przemyśle barwników syntetycznych.



## Najważniejsze związki

**HF fluorowódór** - posiada ostry zapach, drażni drogi oddechowe. Ciekły powoduje trudno gojące się rany, przenika przez skórę i tkanki miękkie, atakując bezpośrednio chrząstki i kości. Stosowany do fluorowania węglowodorów, w przeróbce ropy naftowej, wytrawianiu znaków i napisów na szkle, wytrawiania powierzchni krzemu w obróbce półprzewodników.



**HCl chlorowódór** – stosuje się w syntezach organicznych, mieszanina stężonych HCl i HNO<sub>3</sub> w stosunku 2:1 - woda królewska.

**NaCl sól kuchenna** - gastronomia, środek do konserwacji żywności, obniżania temp. krzepnięcia wody.

**NaClO podchloryn sodu** - środek wybielający.

**HClO<sub>4</sub> kwas nadchlorowy** - silny utleniacz i środek wybielający.

**NH<sub>2</sub>Cl chloroamina** - środek uzdatniający wodę.



**CCl<sub>4</sub> czterochlorek węgla** rozpuszczalnik używany przy ekstrakcji tłuszczów i związków organicznych z roślin, jako dodatek do środków czystości, rozpuszczalnik do farb i klejów, środek gaśniczy w "gaśnicach tetrowych".

**CHCl<sub>3</sub> chloroform** stosowany jako rozpuszczalnik np. przy syntezie DNA, białek, analizach środowiskowych, analizach pestycydów, chromatografii, substancja niegdyś używana do narkozy.





# HELOWCE

Symbol	He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn	Og
Nazwa	hel	neon	argon	krypton	ksenon	radon	organesson
Konfiguracja elektronowa	$2s^2p^6$	$3s^2p^6$	$4s^24p^6$	$5s^25p^6$	$6s^26p^6$	$2s^2p^6$	$8s^28p^6$
Masa atomowa	4,00	20,18	39,95	83,80	131,29	(222)	(294)
Temperatura topnienia [K]	1,05	24,5	83,8	116,0	161,4	202,1	(294)
Temperatura wrzenia [K]	4,2	27,1	87,3	119,8	165,1	211,1	-
Gęstość [g/dm <sup>3</sup> ]	0,178	0,899	1,78	3,77	3,88	9,78	-

**2**  
**He**  
Helium  
4.003

**10**  
**Ne**  
Neon  
20.180

**18**  
**Ar**  
Argon  
39.948

**36**  
**Kr**  
Krypton  
83.798

**54**  
**Xe**  
Xenon  
131.294

**86**  
**Rn**  
Radon  
222.018

**118**  
**Og**  
Oganesson  
[294]

## Występowanie w przyrodzie:

Helowce znacznie częściej występują we Wszechświecie, niż na Ziemi, gdzie znajduje się je przede wszystkim w atmosferze.

L. at/1000 at. Si	Hel	Neon	Argon	Krypton	Ksenon	Radon	Organesson
<b>Wszechświat</b>	$3,08 \times 10^7$	$8,6 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	0,513	0,04	?	–
<b>zaw. w atmosferze [% obj.]</b>	0,00046	0,00161	0,9325	0,000108	0,000008	–	–

## Otrzymywanie

Helowce otrzymuje się w procesie destylacji frakcyjnej skroplonego powietrza.

## Własności chemiczne i fizyczne

Helowce są bezbarwnymi gazami bez smaku i zapachu.

Skroplony hel występuje w dwóch odmianach: hel I – wykazujący cechy zwykłej cieczy oraz hel II (poniżej temp. 2,17K, pod ciśnieniem  $0,05 \times 10^5$ ) o lepkości 1000 razy mniejszej od lepkości wodoru (stan nadciekły).

Podczas przepuszczania wyładowań elektrycznych przez rozrzedzone gazy emitują one charakterystyczne barwne światło: He – żółte, Ne – czerwone, mieszanina He z oparami Hg – niebieskie itp.



# Zastosowanie

Helowce stosowane są do napełniania żarówek, produkcji neonów.

He stosuje się do napełniania balonów, w mieszaninie z tlenem stosowany jest do napełniania akwalungów, jako gaz o najniższej temperaturze skraplania stosowany jest w kriogenice.

Ar stosowany jest jako atmosfera obojętna w badaniach laboratoryjnych bez dostępu tlenu.



# Dziękuję za uwagę

