



STANY SKUPIENIA

MATERII

Tradycyjnie od XVII wieku wyróżniamy trzy stany skupienia: stały, ciekły, gazowy

Obecnie fizyka wyróżnia pięć (6?) stanów skupienia

faza gazowa

faza nadkrytyczna (między cieczą a gazem)

fazy płynne (plazmy)

faza ciekła

fazy stałe

materia miękka

faza gazowa (brak organizacji)

faza nadkrytyczna (między cieczą a gazem)

fazy płynne (plazma, plazma kwarkowa, plazma neutronowa)

faza ciekła: **faza ciekła izotropowa** (prawie jak gaz, mogą mieć pewne uporządkowanie), faza nadciekła (lepkość =0, np. **kondensat Bosego-Einsteina**, kondensat fermionów), **ciekłe kryształy** – są to wbrew nazwie ciecze

fazy stałe: faza krystaliczna, kryształy plastyczne (mogą rotować wokół własnych osi), **kryształy condis** (cząsteczki nie mogą się przemieszczać, ale mogą zmieniać konformację), **faza amorficzna** (zamrożona ciecz)

materia miękka

Stan gazowy



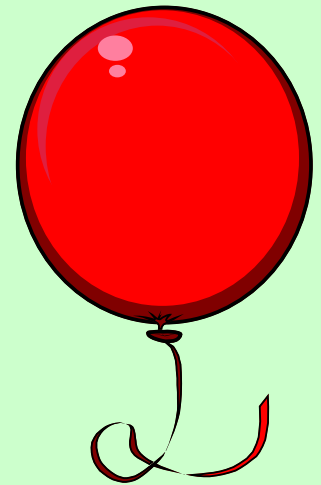
Faza gazowa przyjmuje kształt pojemnika w którym się znajduje



Właściwości fizyczne gazu słabo zależą od rodzaju gazu



Stan gazowy opisują prawa gazowe



Prawa gazowe

A. Równania stanu gazu doskonałego

$$pV=nRT$$

p - ciśnienie

v - objętość

n - liczność (liczba moli)

R - stała gazowa

T - temperatura



Przypadki szczególne:

prawo Boyle'a-Mariotte'a, Gay-Lussaca

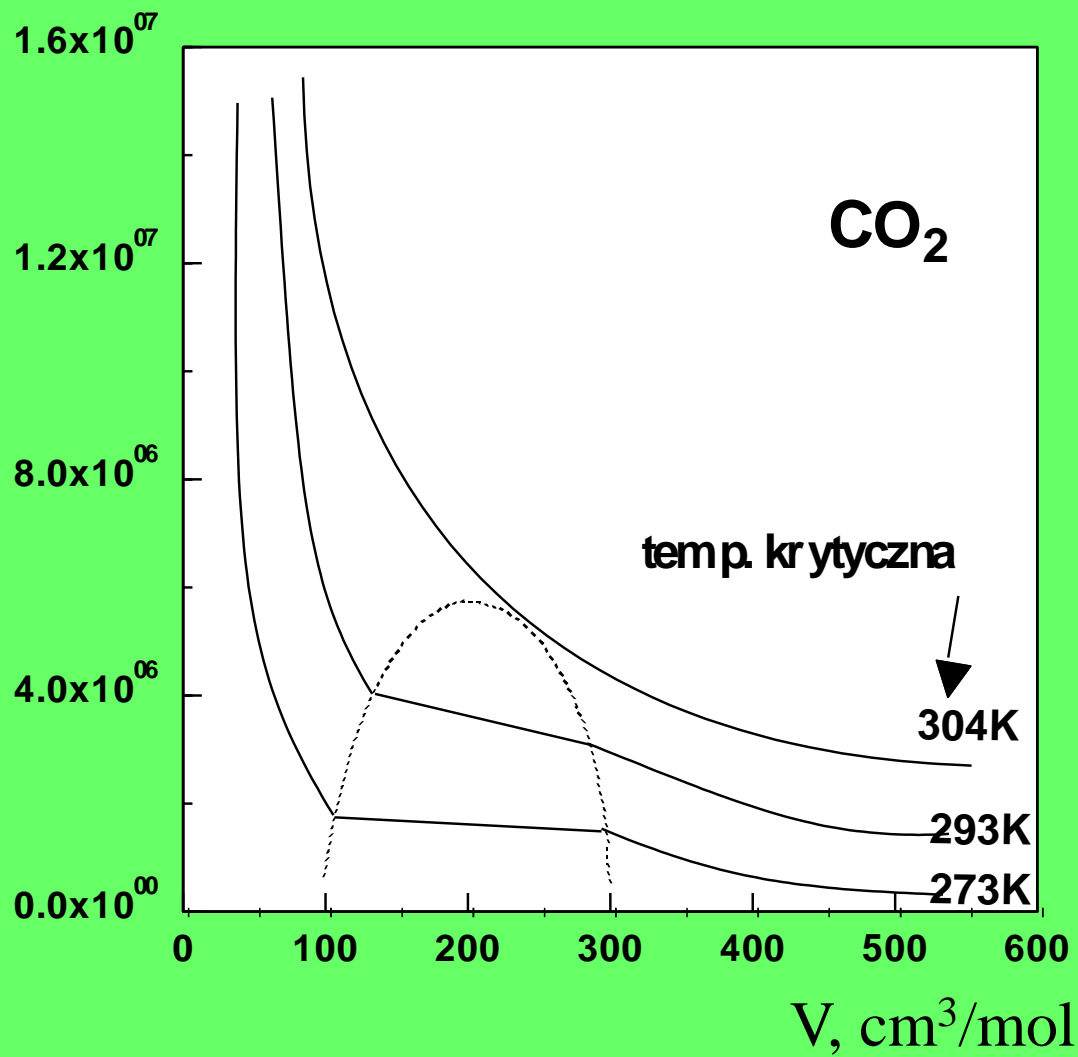
B. Równanie gazu rzeczywistego

$$\left(p + \frac{an^2}{v}\right)(v - nb) = nRT$$

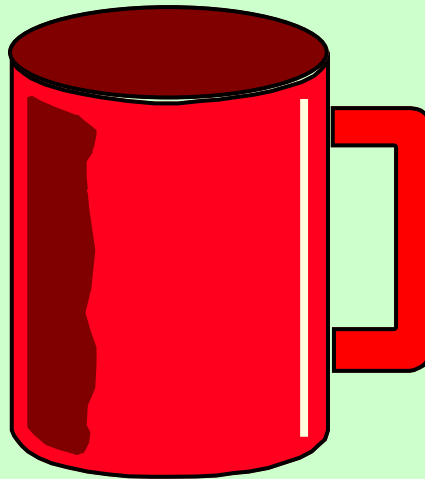
a - stała charakteryzująca oddziaływania van der Waalsa

b - stała charakteryzująca objętość własną molekuł gazowych

$p, \text{N/m}^2$



Stan ciekły

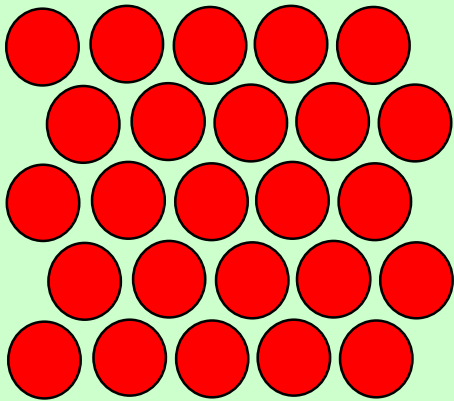


-stan pośredni między stanem stałym a gazowym

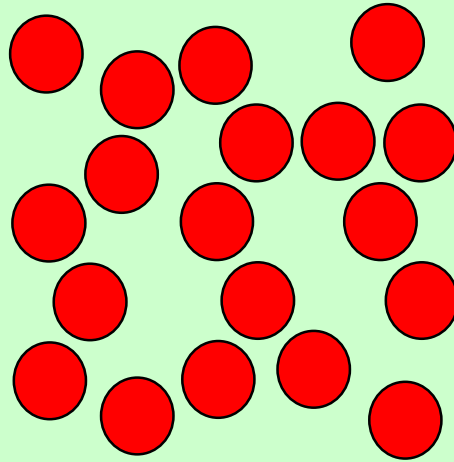
-brak równania (typu van der Waalsa) opisującego ciecze

Stan ciekły

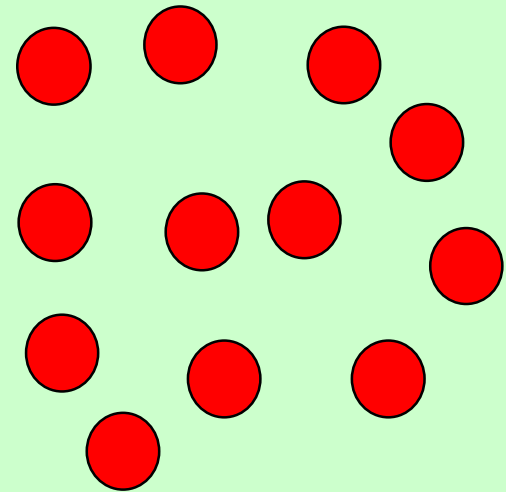
ciało stałe



ciecz



gaz

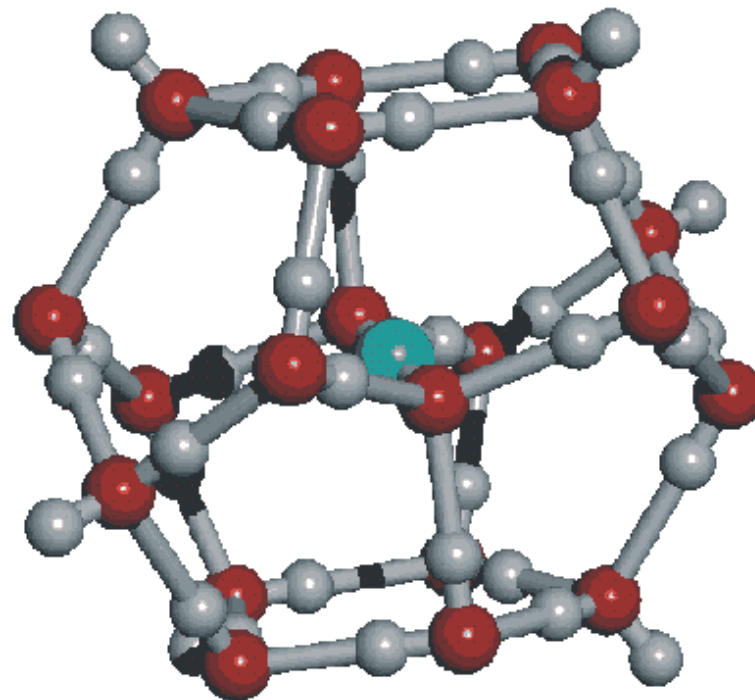
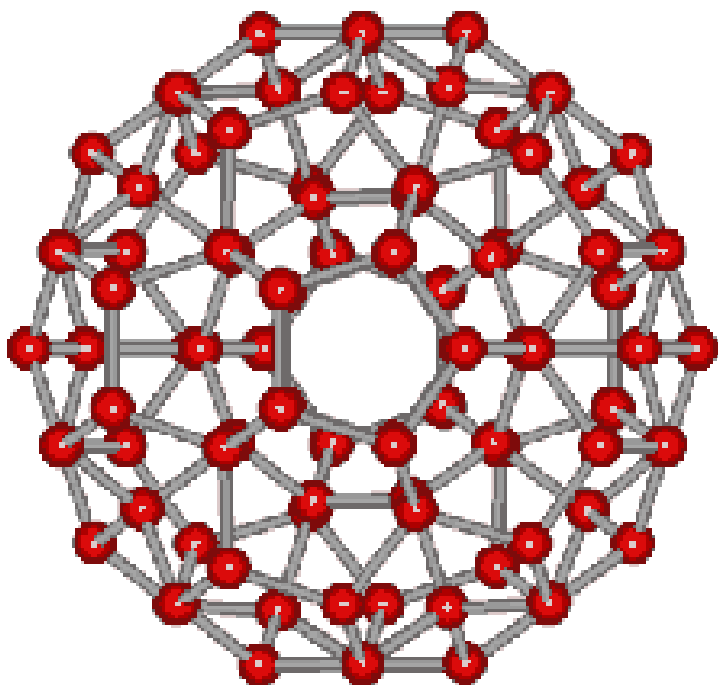


Stan ciekły

w cieczech mogą istnieć oddziaływania dipolowe, Van der Waalsa i wiązań wodorowych

dzięki temu cząsteczki są blisko siebie, ale mają swobodę ruchu i mają uporządkowane struktury cząsteczek, struktury są dynamiczne

WODA

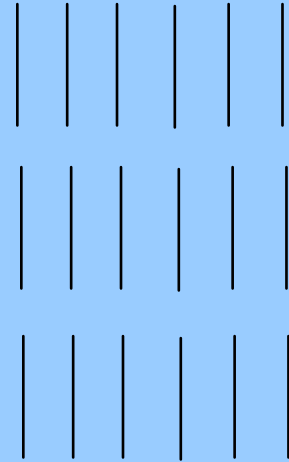
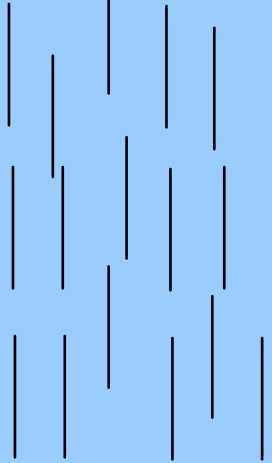
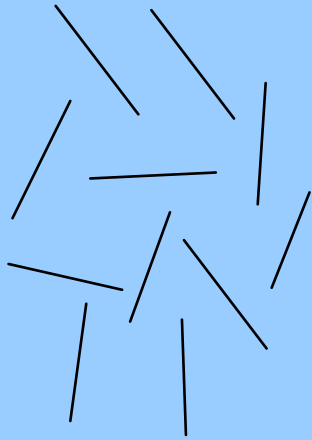


CO₂ rozpuszczone w wodzie

Ciekłe kryształy

Stan ciekły

Mezomorfia



Faza cholesterolowa

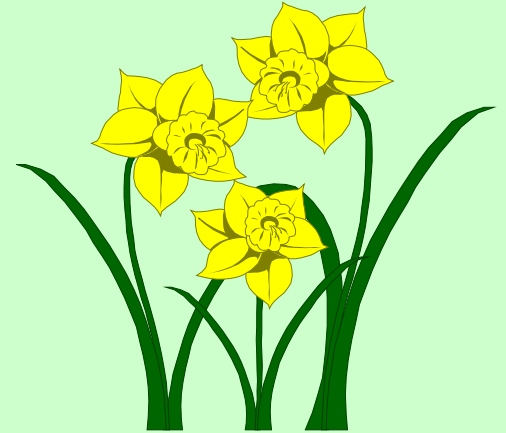
Faza nematyczna

Faza smektyczna



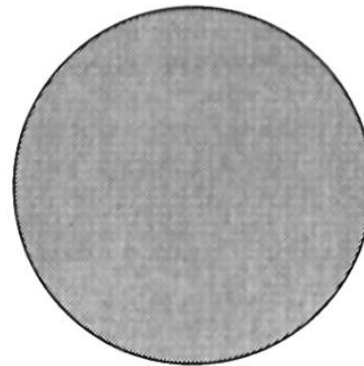
Stan stały

- sprężystość
- kształt geometryczny
- prawidłowa budowa wewnętrzna

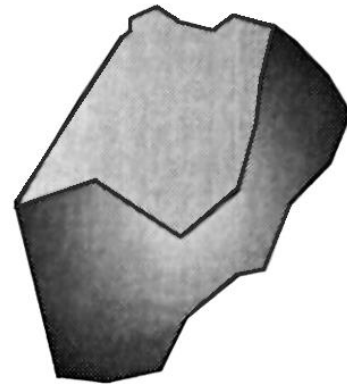


Podział

- kryształy
- kryształy plastyczne
- szkła




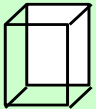
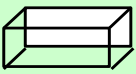


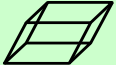

a



b

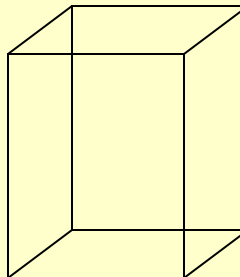
Substancje krystaliczne

Tabela 1.1. Krystalograficzna klasyfikacja krystalicznych ciał stałych

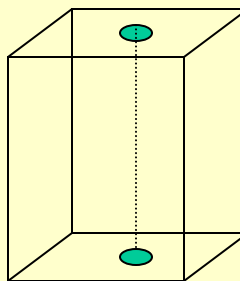
Układ	Kształt komórki elementarnej	Minerały
1	2	3
1. Regularny (<i>C</i>) 	sześcián $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	halit (NaCl) galena (PbS) fluoryt (CaF ₂) sfaleryt (ZnS)
2. Tetragonalny (<i>Q</i>) 	prostopadłościan o podstawie kwadratowej $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	rutil (TiO ₂) cyrkon (ZrSiO ₄) hausmanit (Mn ₃ O ₄) kasyteryt (SnO ₂)
3. Rombowy (<i>O</i>) 	prostopadłościan o podstawie prostokątnej $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	siarka (S) baryt (BaSO ₄) stybnit (Sb ₂ S ₃) anhydryt (CaSO ₄)
4. Heksagonalny (<i>H</i>) 	prostopadłościan o podstawie romboidalnej $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	grafit (C) wurcyt (ZnS) korund (Al ₂ O ₃) kowelin (CuS)
5. Trygonalny (<i>T</i>) (romboedryczny) 	romboedr $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	α -kwarc (SiO ₂) kalcyt (CaCO ₃) dolomit (MgCa(CO ₃) ₂) hematyt (Fe ₃ O ₄)
6. Jednoskośny (<i>M</i>) 	równoległościan $a \neq b \neq c$ $\beta = \gamma = 90^\circ, \alpha \neq 120^\circ$	arsenopiryty (FeSAs) gips (CaSO ₄ · 2H ₂ O) kryolit (Na ₃ AlF ₆) diopsyd (CaMgSi ₂ O ₆)
7. Trójskośny (<i>A</i>) 	równoległościan $a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	albit (NaAlSi ₃ O ₈) mikroklin (KAlSi ₃ O ₈) anortyt (CaAl ₂ Si ₂ O ₈) kaolinit (Al ₄ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₈)

Sieci przestrzenne

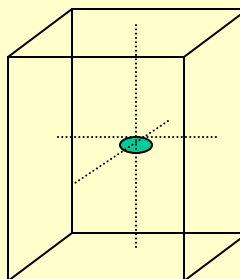
Prymitywna (P)



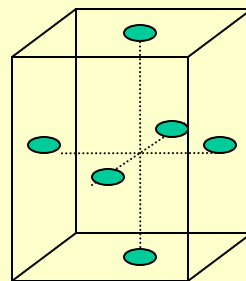
**O postawie
centrowanej (C)**



**Przestrzennie
centrowana (I)**



**Ścienne
centrowana (F)**



7 układów krystalograficznych (a, b, c, α , β , γ)

14 typów sieci przestrzennej (a, b, c, α , β , γ , P, C, I, F)

32 klasy symetrii (\square , \bullet , \uparrow , \triangle , octagon , \diamond)

230 grup przestrzennych

Dowolny minerał musi należeć do jednej z 230 grup przestrzennych

Symbolika grup przestrzennych:

międzynarodowa - np. NaCl - Fm3m

Fiodorowa-Schoenfliesa - np.. NaCl - O_h^5

1. New symbols for the seven crystal systems.

New Crystal system symbol ci*** triclinic c2h** monoclinic d2h** orthorhombic d4h** tetragonal d3d** trigonal d6h** hexagonal oh*** cubic

2. New symbols for the 32 point groups.

New symbol New symbol (Schoen- (Hermann- flies type) Mauguin type) c1... 1 ci... 1~ c2... 2 cs... m c2h.. 2/m d2... 2 2 2 c2v.. m m 2 d2h.. m m m c4... 4 s4... 4~ c4h.. 4/m d4... 4 2 2 c4v.. 4 m m d2d.. 4~2 m d4h.. 4/m m m c3... 3 c3i.. 3~ c3v.. 3 m d3... 3 2 d3d.. 3~m c6... 6 c3h.. 6~ c6h.. 6/m d6... 6 2 2 c6v.. 6 m m d3h.. 6~2 m d6h.. 6 m m t... 2 3 th... m 3 o... 4 3 2 td... 4~3 m oh... m 3 m

3. New symbols for the 230 space groups.

Space New New Other Orientations group symbol symbol No. (Schoen- (Hermann- flies Mauguin type) type) 1 c1..1 P1 2 ci..1 P1~ 3 c2..1 P2 B2 4 c2..2 P2' B2' 5 c2..3 C2 A2 I2 F2 6 cs..1 Pm Bm 7 cs..2 Pc Pa Pn Bd 8 cs..3 Cm Am Im Fm 9 cs..4 Cc Aa Ia Fd 10 c2h.1 P2/m B2/m 11 c2h.2 P2'/m B2'/m 12 c2h.3 C2/m A2/m I2/m F2/m 13 c2h.4 P2/c P2/a P2/n B2/d 14 c2h.5 P2'/c P2'/a P2'/n B2'/d 15 c2h.6 C2/c A2/a I2/a F2/d 16 d2..1 P222 17 d2..2 P222' P2'22 P22'2 18 d2..3 P2'2'2 P22'2' P2'22' 19 d2..4 P2'2'2' 20 d2..5 C222' A2'22 B22'2 21 d2..6 C222 A222 B222 22 d2..7 F222 23 d2..8 I222 24 d2..9 I2'2'2' 25 c2v.1 Pmm2 P2mm Pm2m 26 c2v.2 Pmc2' P2'ma Pb2'm Pm2'b Pcm2' P2'am 27 c2v.3 Pcc2 P2aa Pb2b 28 c2v.4 Pma2 P2mb Pc2m Pm2a Pbm2 P2cm 29 c2v.5 Pca2' P2'ab Pc2'b Pb2'a Pbc2' P2'ca 30 c2v.6 Pnc2 P2na Pb2n Pn2b Pcn2 P2an 31 c2v.7 Pmn2' P2'mn Pn2'm Pm2'n Pnm2' P2'nm 32 c2v.8 Pba2 P2cb Pc2a 33 c2v.9 Pna2 P2'nb Pc2'n Pn2'a Pbn2' P2'cn 34 c2v10 Pnn2 P2nn Pn2n 35 c2v11 Cmm2 A2mm Bm2m 36 c2v12 Cmc2' A2'ma Bb2'm Bm2'b Ccm2' A2'am 37 c2v13 Ccc2 A2aa Bb2b 38 c2v14 Amm2 B2mm Cm2m Am2m Bmm2 C2mm 39 c2v15 Abm2 B2cm Cm2a Ac2m Bma2 C2mb 40 c2v16 Ama2 B2mb Cc2m Am2a Bbm2 C2cm 41 c2v17 Aba2 B2cb Cc2a Ac2a Bba2 C2cb 42 c2v18 Fmm2 F2mm Fm2m 43 c2v19 Fdd2 F2dd Fd2d 44 c2v20 lmm2 l2mm lm2m 45 c2v21 lba2 l2cb lc2a 46 c2v22 lma2 l2mb lc2m lm2a lbm2 l2cm 47 d2h.1 Pmmm 48 d2h.2 Pnnn 49 d2h.3 Pccm Pmaa Pbmb 50 d2h.4 Pban Pncb Pca 51 d2h.5 Pmma Pbmm Pmcm Pmam Pmmb Pcm 52 d2h.6 Pnna Pbnna Pncn Pnan Pnna Pnna 53 d2h.7 Pmna Pbnna Pncm Pman Pnmb Pcnm 54 d2h.8 Pcca Pbaa Pbc b Pbab Pccb Pcaa 55 d2h.9 Pbam Pmbc Pcb 56 d2h10 Pccn Pnaa Pbnb 57 d2h11 Pbcm Pmca Pbma Pcmb Pcam Pmab 58 d2h12 Pnmm Pmnn Pmnn 59 d2h13 Pmnn Pnmm Pnmm 60 d2h14 Pbcn Pnca Pbna Pcnb Pcan Pnab 61 d2h15 Pbca Pcab 62 d2h16 Pnma Pbnm Pmcm Pnam Pmnb Pcmn 63 d2h17 Cmcm Amma Bbmm Bmmb Ccmm Amam 64 d2h18 Cmca Abma Bbcm Bmab Ccmb Acam 65 d2h19 Cmmm Ammm Bmmm 66 d2h20 Ccmm Amaa Bbmb 67 d2h21 Cmma Abmm Bmcm Bmam Cmmb Acmm 68 d2h22 Ccca Abaa Bbcb Bbab Cccb Acaa 69 d2h23 Fmmm 70 d2h24 Fddd 71 d2h25 lmmm 72 d2h26 lbam lmbc lcma 73 d2h27 lbca lcab 74 d2h28 lmma lbmm lmcm lmam lmbb lamm 75 c4..1 P4 C4 76 c4..2 P4[C4] 77 c4..3 P4' C4' 78 c4..4 P4[C4] 79 c4..5 I4 F4 80 c4..6 I4[F4] 81 s4..1 P4~ C4~ 82 s4..2 I4~ F4~ 83 c4h.1 P4/m C4/m 84 c4h.2 P4'/m C4'/m 85 c4h.3 P4/n C4/a 86 c4h.4 P4'/n C4'/a 87 c4h.5 I4/m F4/m 88 c4h.6 I4[a F4] /d 89 d4..1 P422 C422 90 d4..2 P42'2 C422' 91 d4..3 P4[22 C4] [22 92 d4..4 P4[2'2 C4] [22' 93 d4..5 P4'22 C4'22 94 d4..6 P4'2'2 C4'22' 95 d4..7 P4[22 C4] [22 96 d4..8 P4[2'2 C4] [22' 97 d4..9 I422 F422 98 d4..10 I4[22 F4] [22 99 c4v.1 P4mm C4mm 100 c4v.2 P4bm C4mb 101 c4v.3 P4'cm C4'mc 102 c4v.4 P4'nm C4'mn 103 c4v.5 P4cc C4cc 104 c4v.6 P4nc C4cn 105 c4v.7 P4'mc C4'cm 106 c4v.8 P4'bc C4'cb 107 c4v.9 I4mm F4mm 108 c4v10 I4cm F4mc 109 c4v11 I4[md F4] [dm 110 c4v12 I4[cd F4] [dc 111 d2d.1 P4~2m C4~m2 112 d2d.2 P4~2c C4~c2 113 d2d.3 P4~2'm C4~m2' 114 d2d.4 P4~2'c C4~c2' 115 d2d.5 P4~m2 C4~2m 116 d2d.6 P4~c2 C4~2c 117 d2d.7 P4~b2 C4~2b 118 d2d.8 P4~n2 C4~2n 119 d2d.9 I4~m2 F4~2m 120 d2d10 I4~c2 F4~2c 121 d2d11 I4~2m F4~m2 122 d2d12 I4~2d F4~d2 123 d4h.1 P4/mmm C4/mmm 124 d4h.2 P4/mcc C4/mcc 125 d4h.3 P4/nbm C4/amb 126 d4h.4 P4/nnc C4/acn 127 d4h.5 P4/mbm C4/mmb 128 d4h.6 P4/mnc C4/mcn 129 d4h.7 P4/nmm C4/amm 130 d4h.8 P4/ncc C4/acc 131 d4h.9 P4'/mmc C4'/mcm 132 d4h10 P4'/mcm C4'/mmc 133 d4h11 P4'/nbc C4'/acb 134 d4h12 P4'/nmm C4'/amn 135 d4h13 P4'/mbc C4'/mcb 136 d4h14 P4'/mnm C4'/mmn 137 d4h15 P4'/nmc C4'/acm 138 d4h16 P4'/ncm C4'/amc 139 d4h17 I4/mmm F4/mmm 140 d4h18 I4/mcm F4/mmc 141 d4h19 I4[amd F4] [ddm 142 d4h20 I4[acd F4] [ddc 143 c3..1 P3 144 c3..2 P3[145 c3..3 P3[146 c3..4 R3 147 c3i.1 P3~ 148 c3i.2 R3~ 149 d3..1 P312 150 d3..2 P321 151 d3..3 P3[12 152 d3..4 P3[21 153 d3..5 P3[12 154 d3..6 P3[21 155 d3..7 R32 156 c3v.1 P3m1 157 c3v.2 P31m 158 c3v.3 P3c1 159 c3v.4 P31c 160 c3v.5 R3m 161 c3v.6 R3c 162 d3d.1 P3~1m 163 d3d.2 P3~1c 164 d3d.3 P3~m1 165 d3d.4 P3~c1 166 d3d.5 R3~m 167 d3d.6 R3~c 168 c6..1 P6 169 c6..2 P6[170 c6..3 P6[171 c6..4 P6} 172 c6..5 P6{ 173 c6..6 P6' 174 c3h.1 P6~ 175 c6h.1 P6/m 176 c6h.2 P6'/m 177 d6..1 P622 178 d6..2 P6[22 179 d6..3 P6[22 180 d6..4 P6}22 181 d6..5 P6{22 182 d6..6 P6'22 183 c6v.1 P6mm 184 c6v.2 P6cc 185 c6v.3 P6'cm 186 c6v.4 P6'mc 187 d3h.1 P6~m2 188 d3h.2 P6~c2

Stale indywidualne chemiczne występujące w przyrodzie noszą nazwę minerałów

Odkryto dotąd około **4 000** minerałów

Zaleca się stosownie nazw zatwierdzonych przez Komisję Nazw Minerałów i Nowych Minerałów Międzynarodowej Asocjacji Mineralogicznej adoptowanych do języka polskiego

Polecane źródło: A. Bolewski, A. Manecki *Mineralogia szczegółowa*

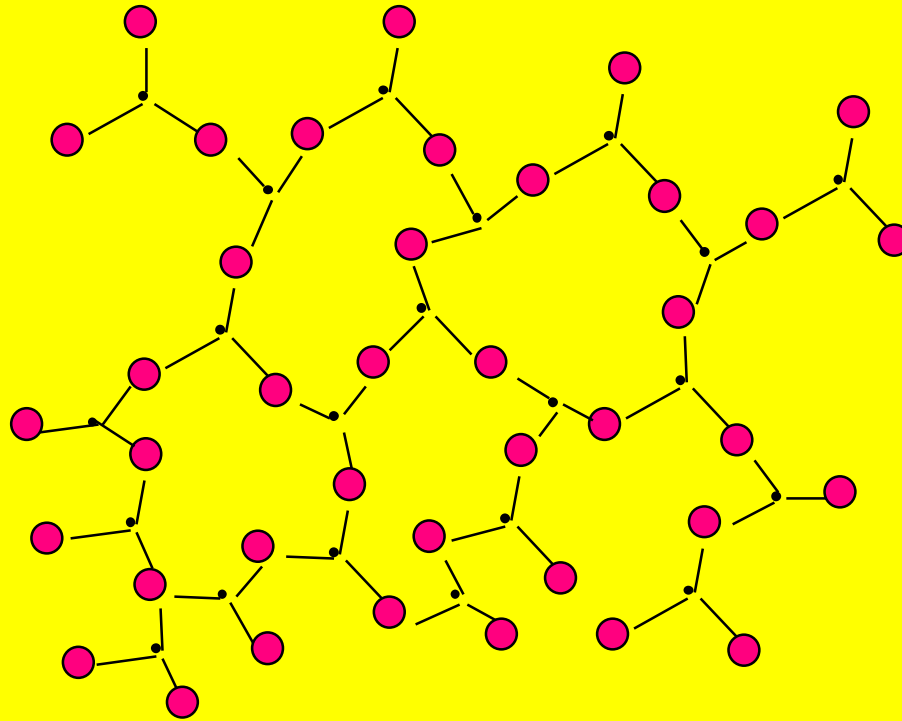
Przykłady: carnallit (nie karnalit)
montmorillonit (nie montmorylonit)
goethyt (nie getyt)

Pamiętaj:

**Naucz się nazw 100
najważniejszych minerałów**



Stan stały



struktura szkła kwarcowego

Szkłotwórcze tlenki: SiO_2 , GeO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , As_2O_5 , V_2O_5 , Sb_2O_5

UKŁADY FAZOWE - podstawowe pojęcia

Przemiany fazowe:

zmiany stanu skupienia materii lub zmiany struktury

FAZA: jednolita część układu o jednakowych właściwościach fizycznych w całej masie, oddzielonych od reszty układu wyraźną powierzchnią graniczną

Odmiany alotropowe: odmiany pierwiastka różniące się budową cząsteczki lub strukturą sieci

Odmiany polimorficzne: odmiany zw. chemicznego różniące się budową sieci krystalicznej

Reguła faz Gibbsa

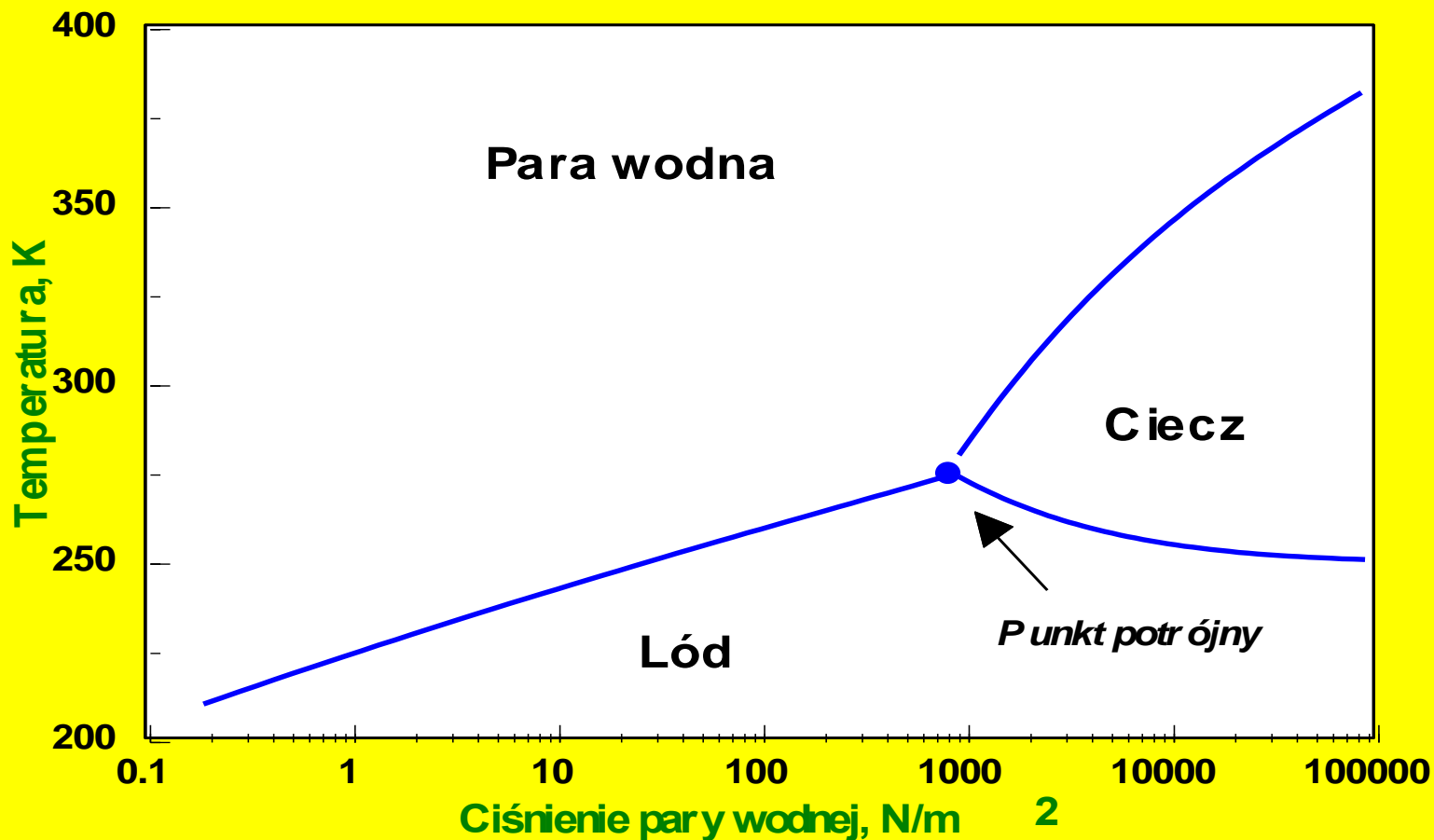
$$s = n - f + 2$$

s - liczba stopni swobody

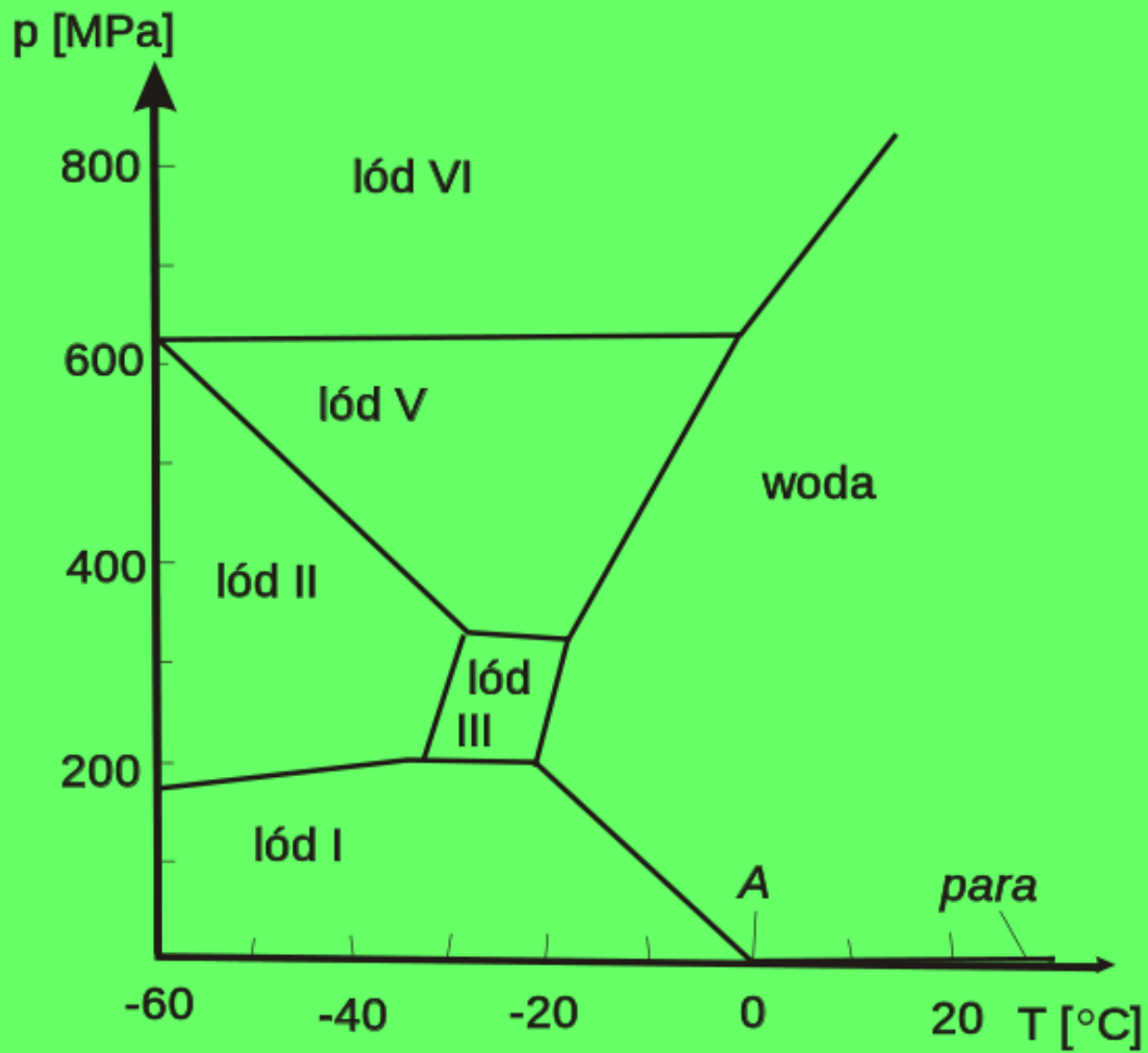
f - liczba faz

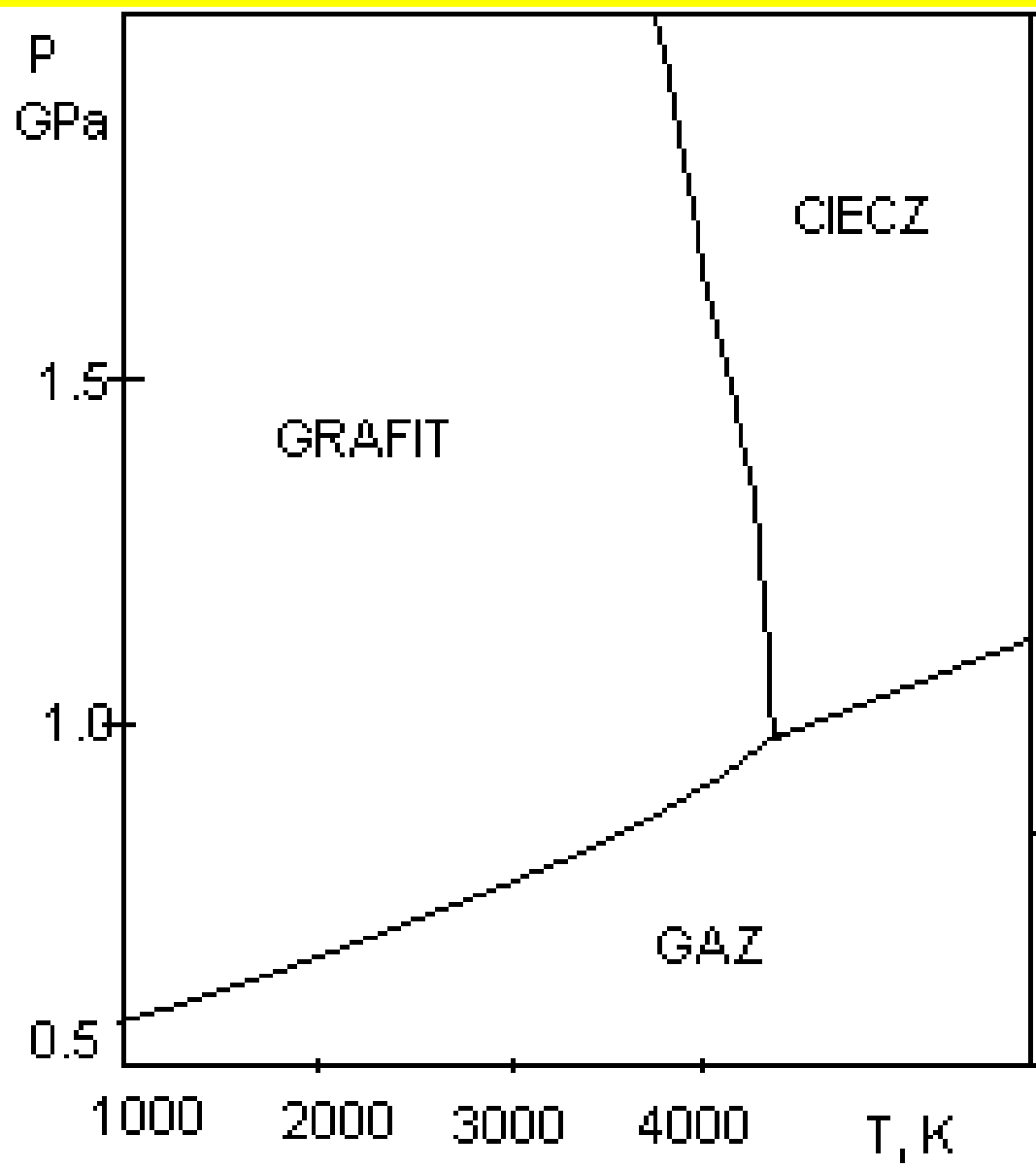
n - liczba niezależnych składników układu

Układy jednoskładnikowe



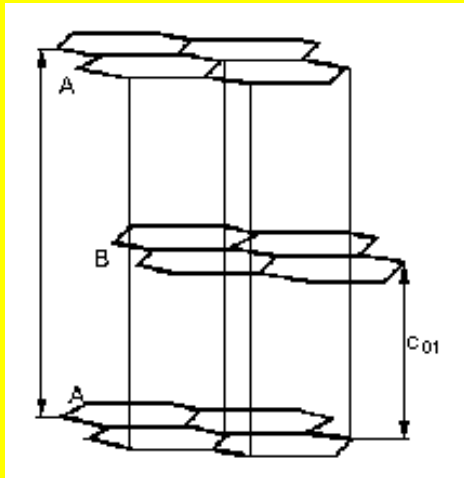
Punkt potrójny wody: 612,9 Pa; 273,1 K



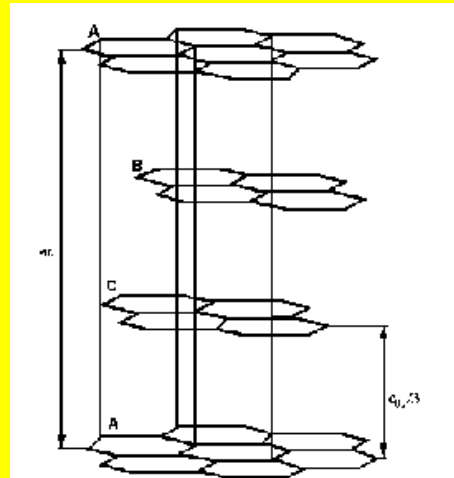


Odmiany alotropowe węgla

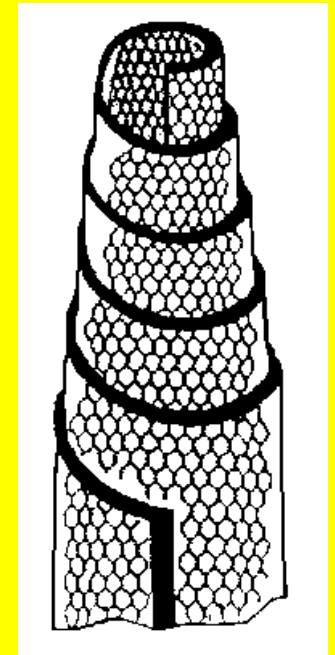
Lp.	Odmiana alotropowa	Hybrydyzacja	Struktura
DIAMENT			
1	diament	sp^3	C_n
	lonsdaleit	sp^3	C_n
GRAFIT			
2	grafit α	sp^2	C_n
	grafit β	sp^2	C_n
	grafitowe whiskersy	sp^2	C_n
KARBIN			
3	chaoit	sp^1	$\text{---}[\text{C}\equiv\text{C}]\text{---}_v$
	kumulen	sp^1	$\text{---}[\text{C}=\text{C}]\text{---}_x$
FULLEREN			
4	fulereny	sp^2	C_n $n \geq 32, n - \text{parzyste}$
	rurki węglow	sp^2	C_n
CYKLO(N)KARBON			
5	cyklo(n)carbon	sp^1	C_n $10 < n \leq 30$
N – KARBON			
6	n - karbon	sp^1	C_n $n \leq 10$
HIPOTETYCZNE			
7?	Wysokociśnieniowe odmiany diamentu: H3, BC8, R8, ST12, SC46, metaliczny diament	sp^3	C_n



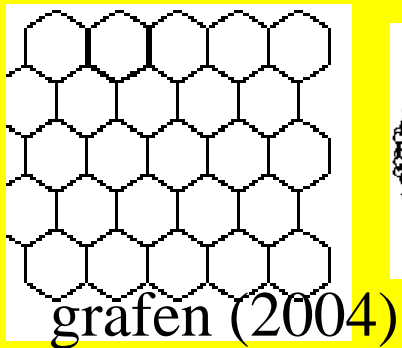
Grafit alfa



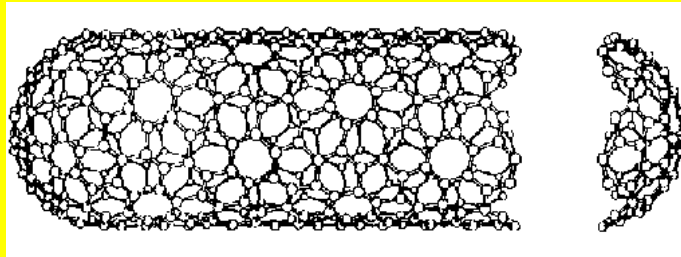
Grafit beta



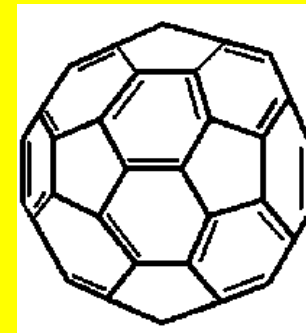
Grafitowy whiskers



(a)

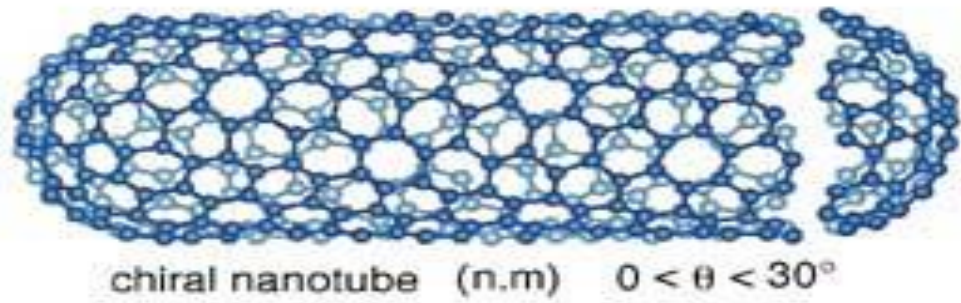
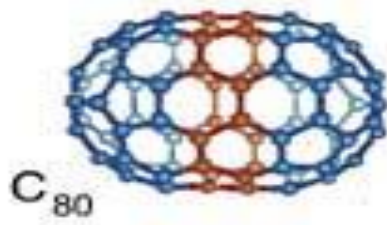
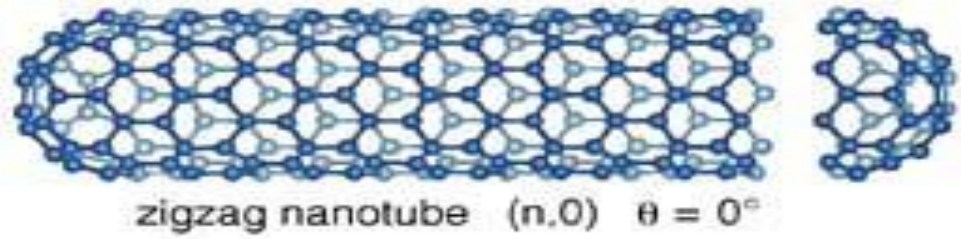
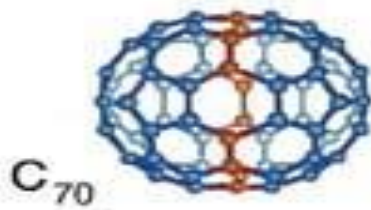
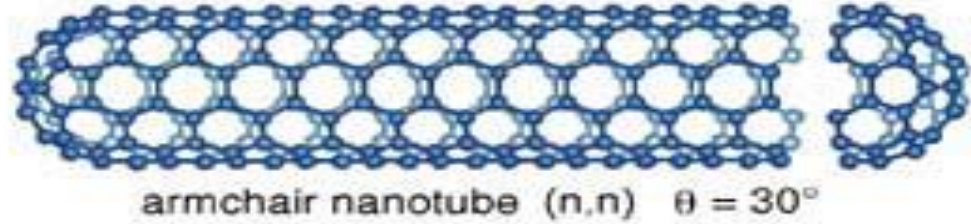
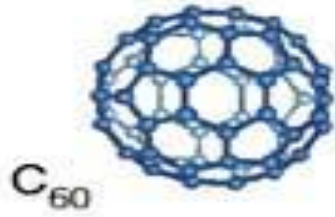


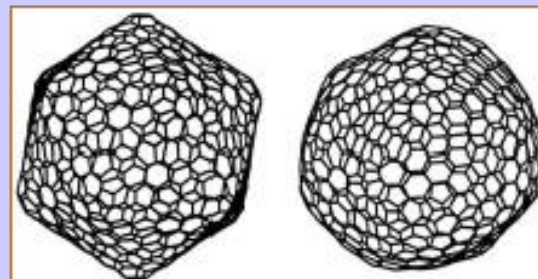
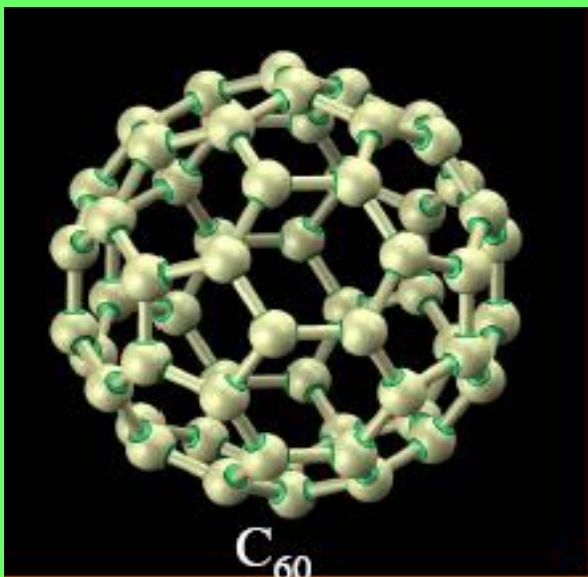
(b)



(c)

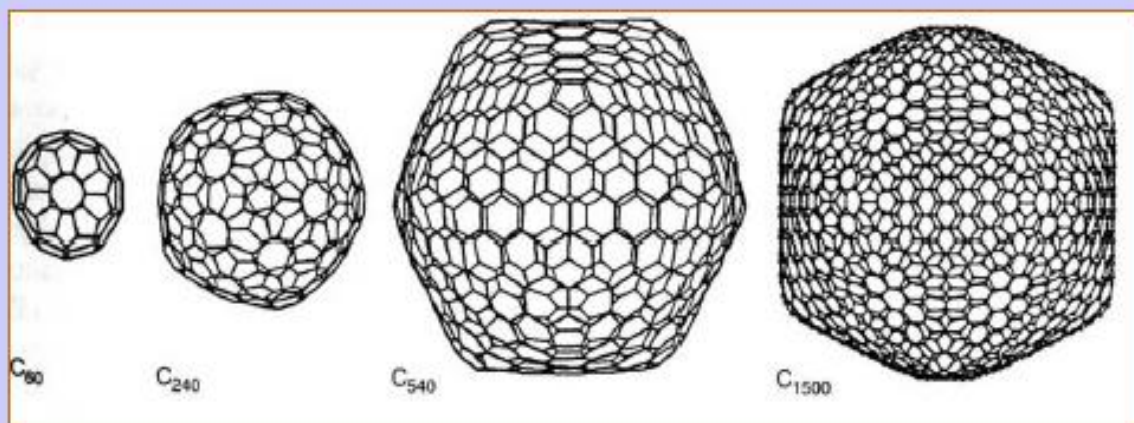
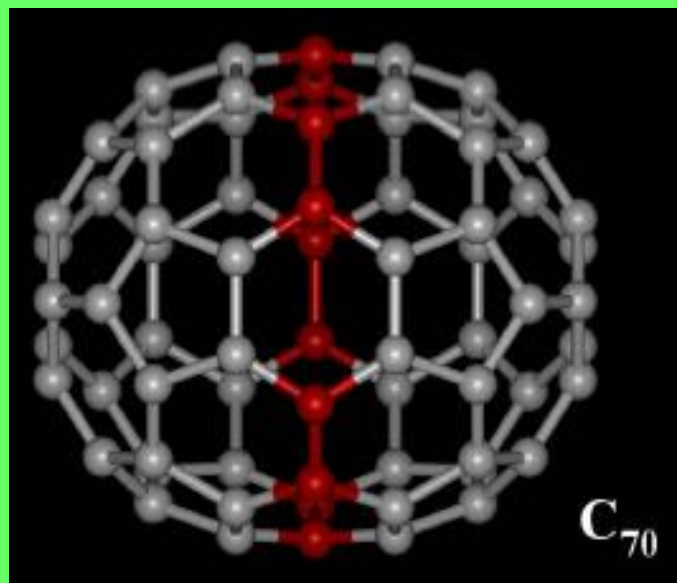
Przejście warstewki grafitowej (a) poprzez nanorurkę (b) do fullerenu (c)





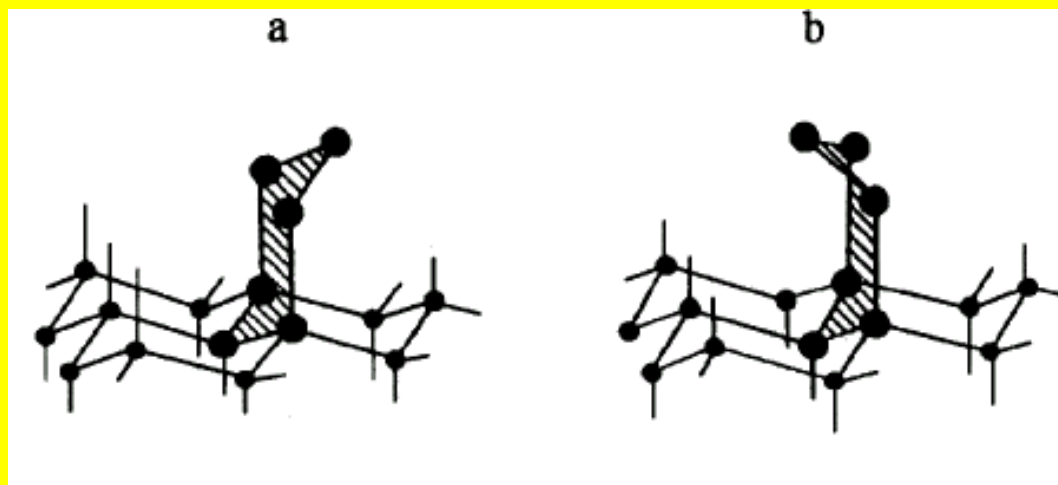
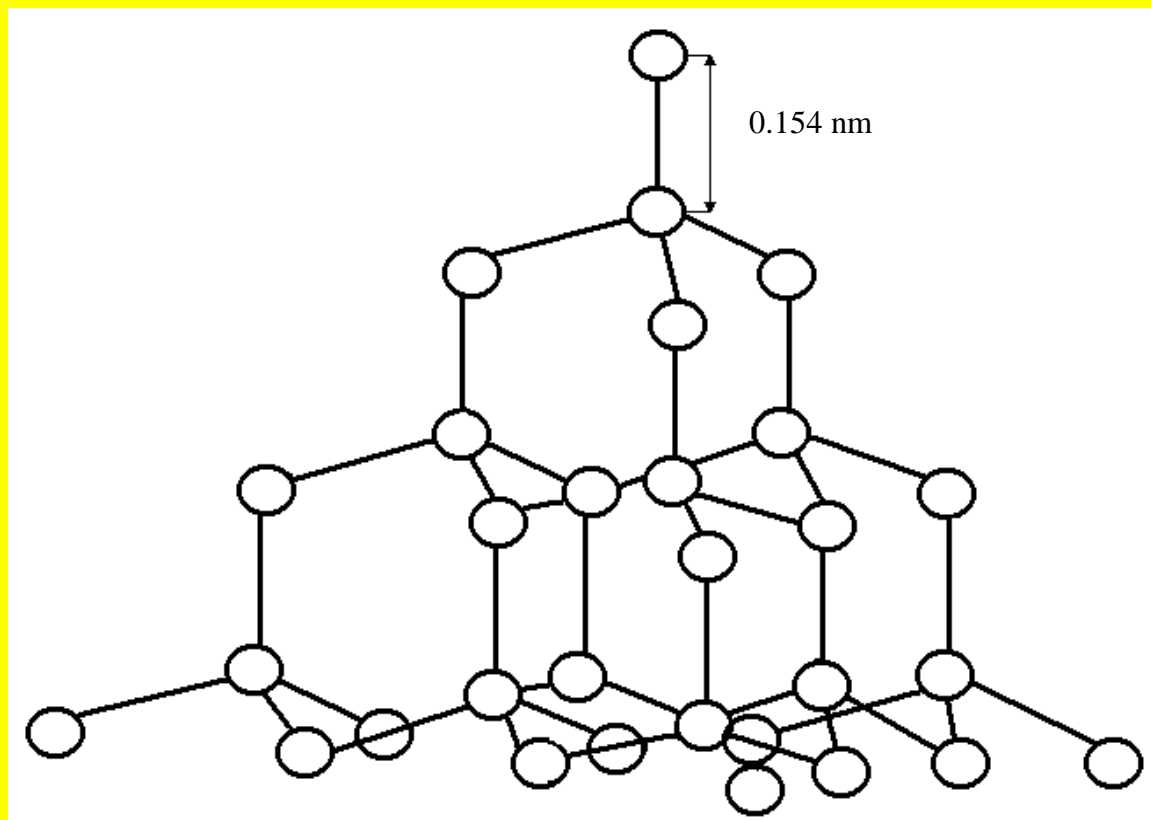
C_{620}

C_{636}



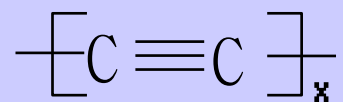
Fullereny (min. fulleryt) : C_{210} - C_{1500} , C_{70} , C_{60} i najmniejsze (C_{28})

Struktura diamentu

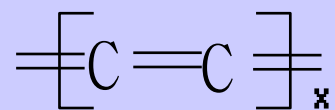


a - diament
b - lonsdaleit

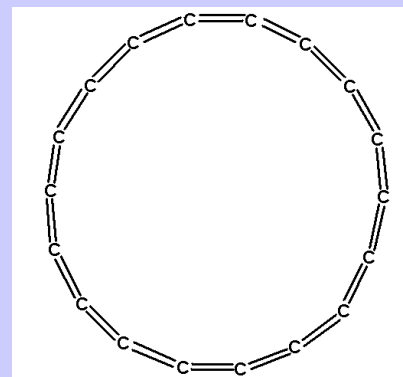
Karbiny to węgle o hybrydyzacji sp^1 . Węgle o tym typie hybrydyzacji mogą tworzyć ze sobą wiązania typu inowego:



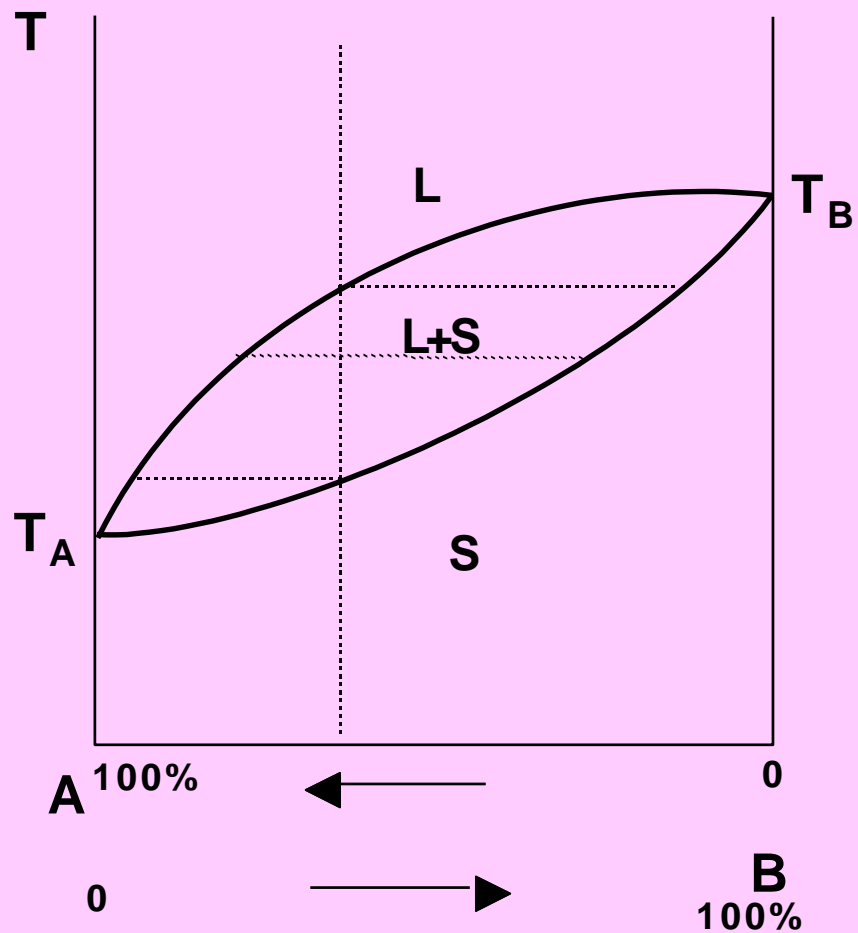
lub kumulenowego:



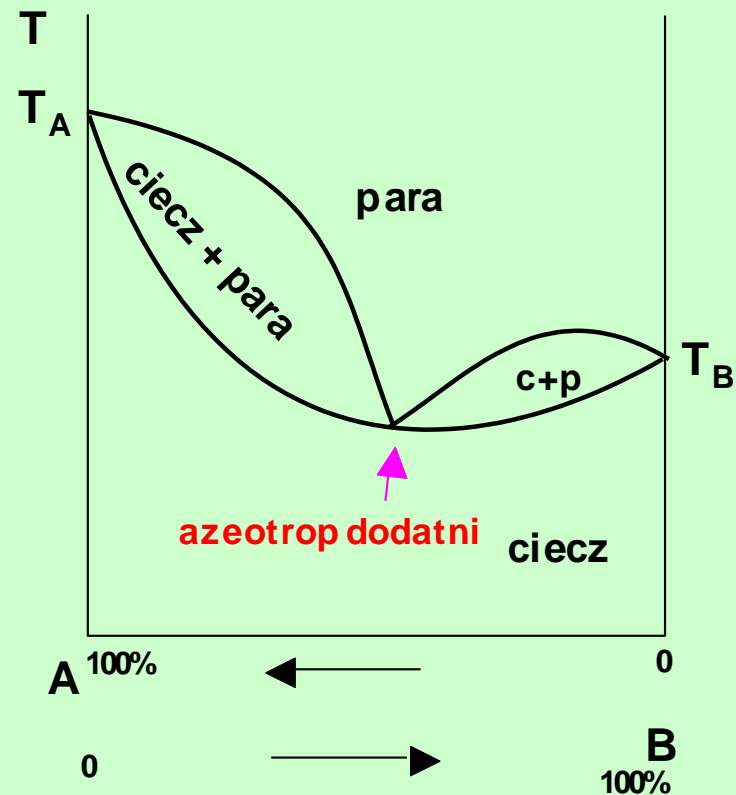
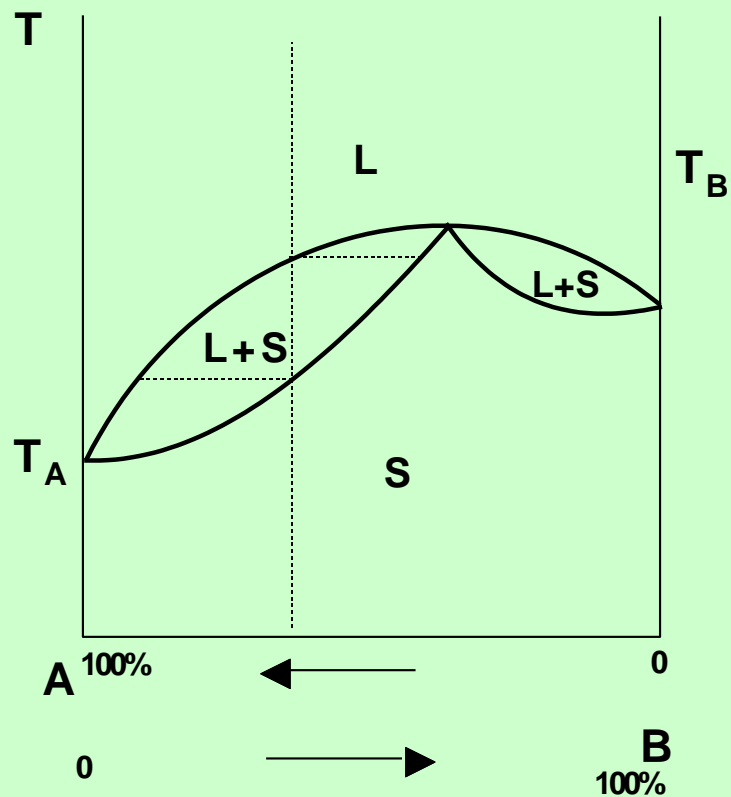
Z literatury wiadomo, że atomy węgla tworzyć zarówno proste niskocząsteczki liniowe (Ebbesen, 1997) i rozgałęzione (Kryszewski, 1995) jak i długie łańcuchy typu polimerowego (Rice, 1983; Diederich, 1992) jak i łączyć się w cząsteczki cykliczne (Diederich, 1992).



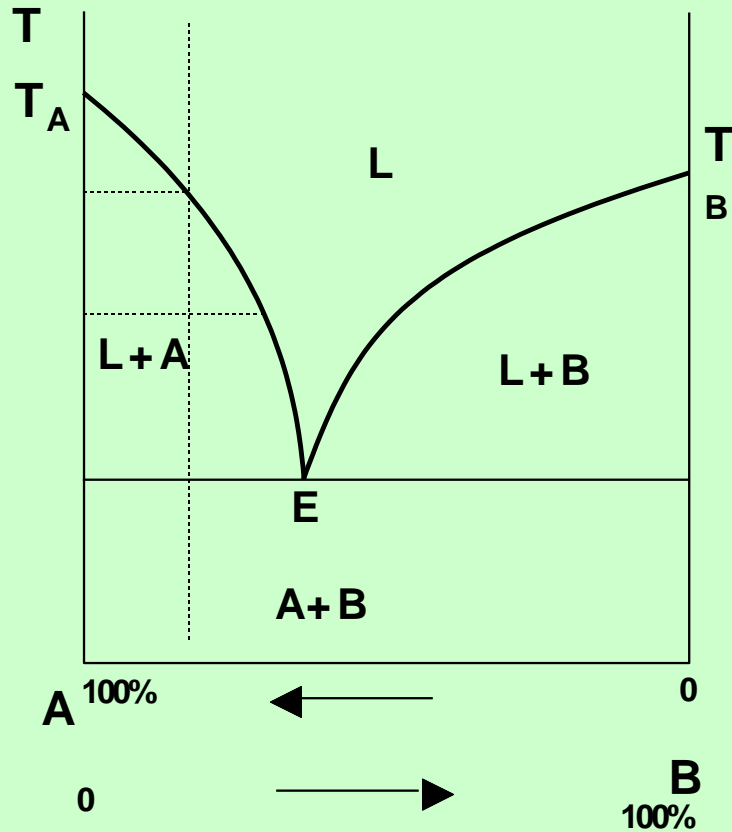
Układ dwuskładnikowy z nieograniczoną mieszalnością



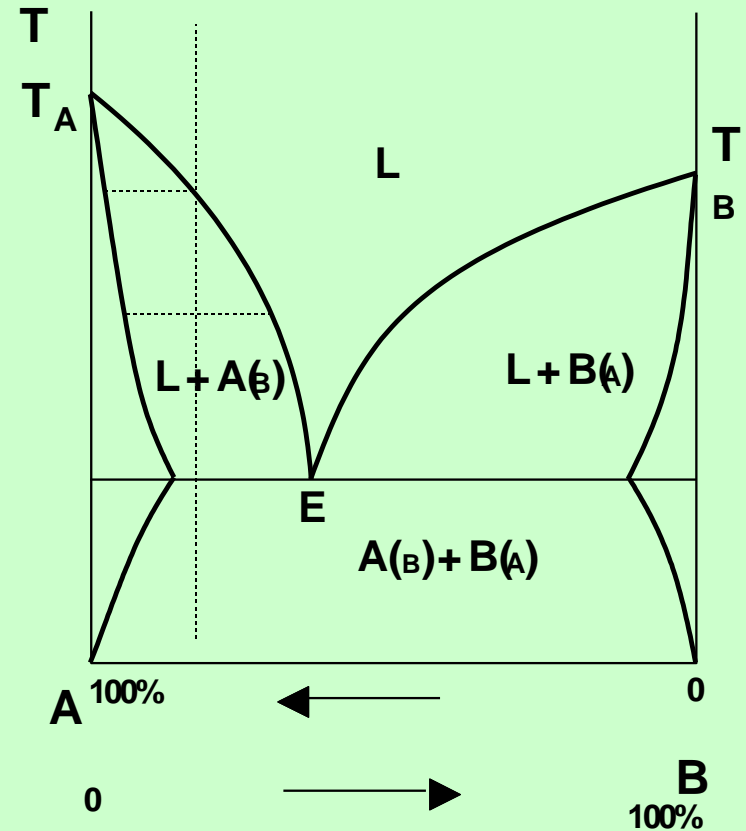
Układ dwuskładnikowy azeotropowy



Układy fazowe dwuskładnikowe



Bez mieszania w
fazie stałej



Ograniczone mieszanie w
fazie stałej

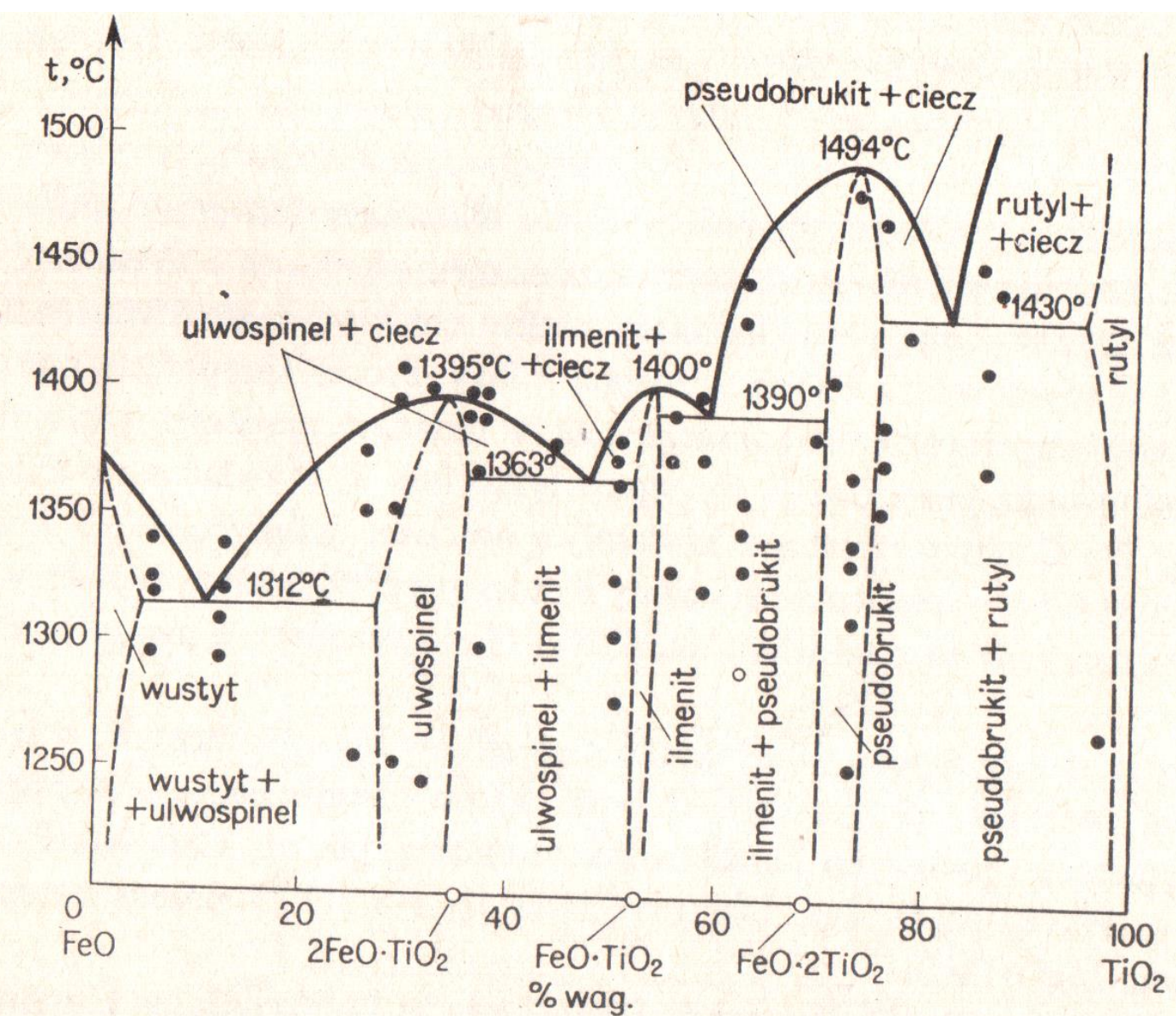
Alkohol z ziemniaków

Ziemniaki są płukane a następnie parowane w temperaturze 140-150 stopni. Głównym składnikiem rozgotowanej masy opuszczającej parnik jest skrobia (20 – 30%). Ponieważ etanol może powstawać na drodze fermentacji cukrów prostych głównie glukozy, skrobię trzeba poddać hydrolizie, podczas której ulega ona rozkładowi. Teoretycznie można to zrobić przez ogrzewanie skrobi z kwasem siarkowym, w praktyce wykorzystuje się enzymy wytwarzane przez kiełkujące ziarna (w gorzelnianach preferuje się kielki jęczmienia) tzw. słód. Ziarna jęczmienia okresowo zwilżane wodą kiełkują przez około dwóch tygodni. Podczas kiełkowania ilość enzymów w ziarnie gwałtownie rośnie. Są to głównie cytaza, amylaza oraz enzymy rozkładające białka. Zmiażdżone kielki jęczmienne nazywane słodem dodaje się do masy ziemniaczanej o temperaturze około 60 stopni. Początkowo jeden z enzymów, diastaza, powoduje rozkład skrobi w wyniku czego powstaje dwucukier maltoza (cukier słodowy) o bardzo słodkim smaku. Maltoza może być już przetworzona przez enzymy zawarte w drożdżach gorzelnianych na glukozę (*maltaza*) a później na etanol (*zymaza*). W gorzelnianach stosuje się specjalnie wyselekcjonowane drożdże gatunku *Sacharomyces ceravisiae* ze względu na szybkość działania oraz możliwość pracy przy stężeniu alkoholu do 12%. Zacier w temperaturze około 20 stopni fermentuje przez około 3 doby a następnie jest kierowany do kolumny destylacyjnej, gdzie przeprowadza się destylację frakcjonowaną, czyli poszczególne składniki skroplin są od razu rozdzielane (w prymitywnych destylatorach skrapla i miesza się wszystko, co ma odpowiednio wysoką temperaturę wrzenia)

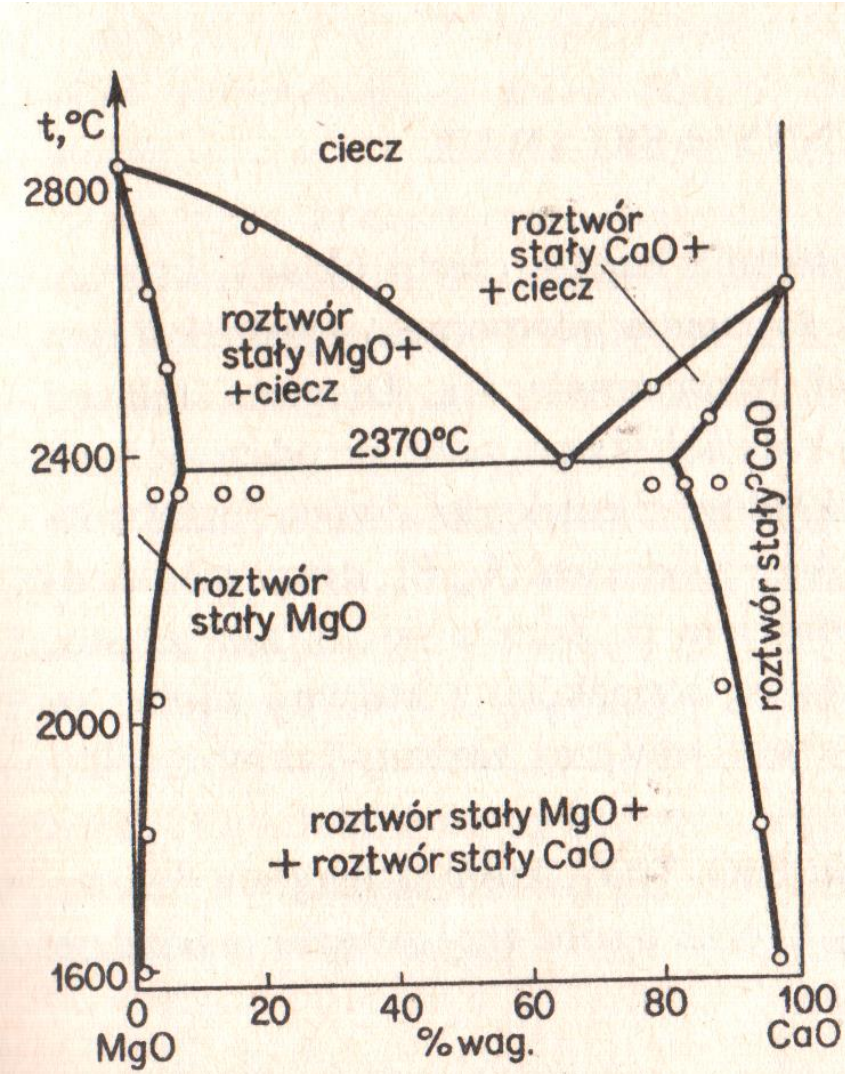
Otrzymywanie sŁodu

Ziarno naleŹy rozłozyc cieką, równomierną warstwą i przykryć wilgotną szmatką lub ligniną. Kielkowanie powinno zachodzić w temperaturze 15 – 18 stopni, wtedy po czterech dniach powinny pojawić się białawe kielki. Początkowo ziarno zwilŹamy co 2 – 3 dni uważając aby nie leŹało w wodzie. Po dwunastu dniach kończymy zwilŹanie i zdejmujemy szmatkę. Piętnastego dnia ziarno nadaje się do miąŹdzenia.

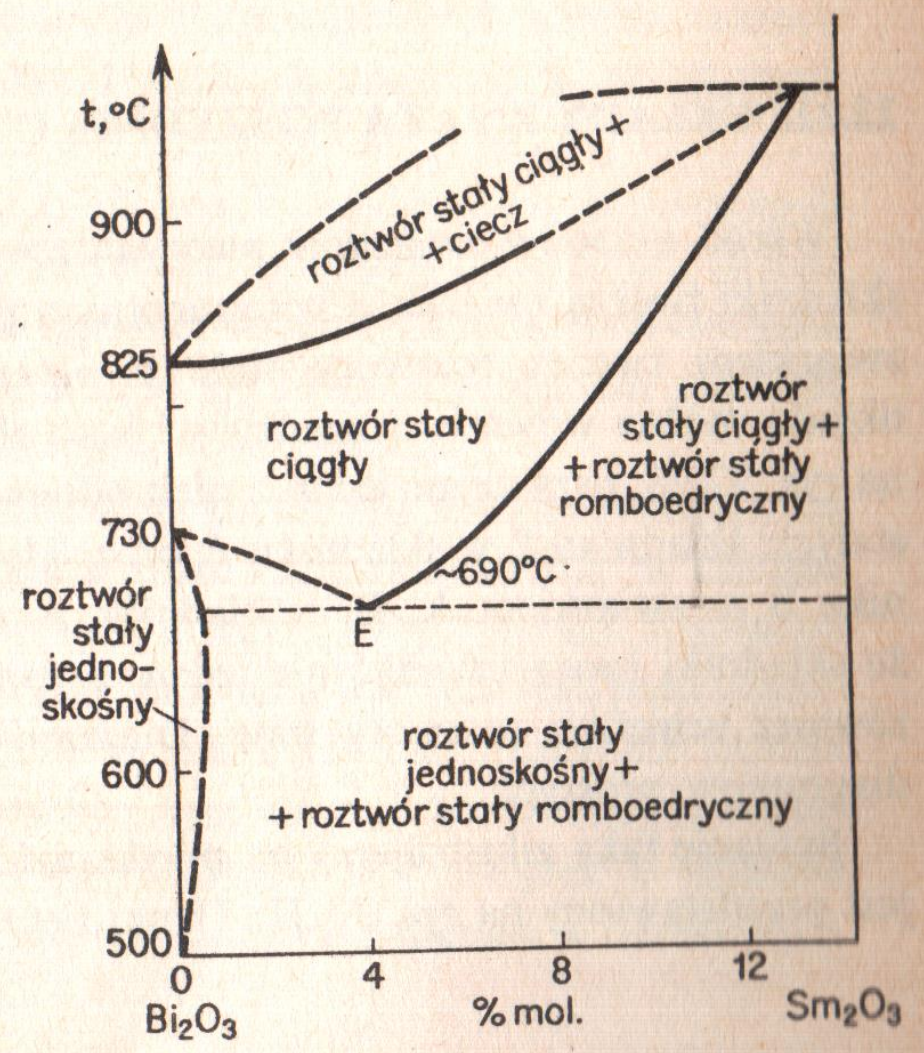
Informacje te pochodzą z czasopisma „Młody Technik” numery od 9/2000 do 1/2001 (przynajmniej o tych wiem.) Nie wszystkie czytałem.



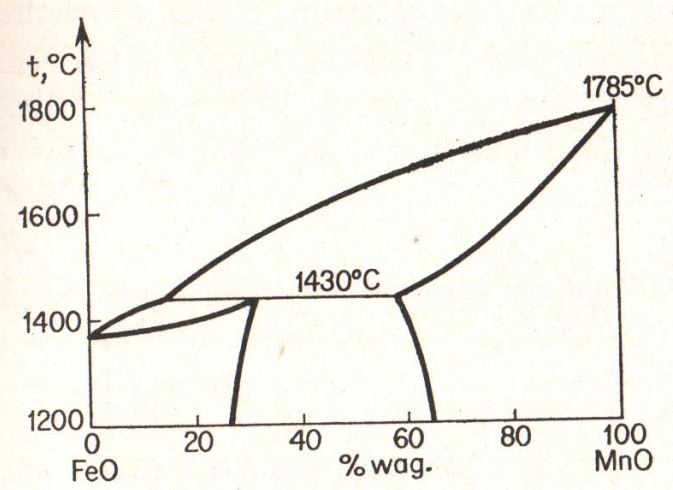
Rys. 12.31. Diagram fazowy układu FeO-TiO₂ [15]



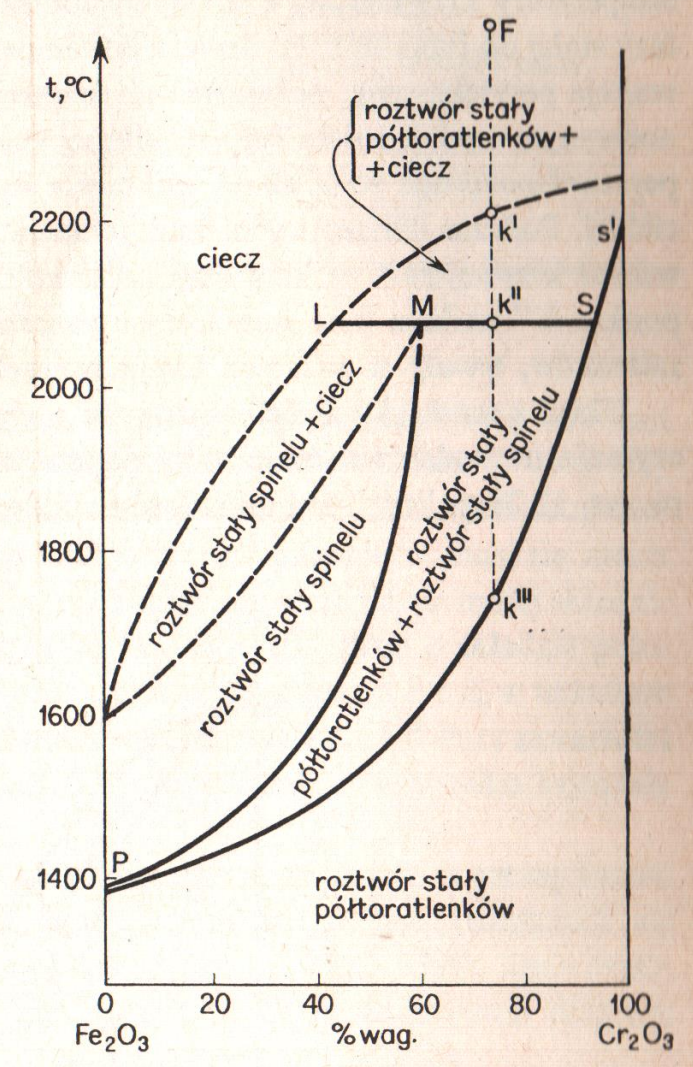
Rys. 12.29. Diagram fazowy układu MgO-CaO [13]



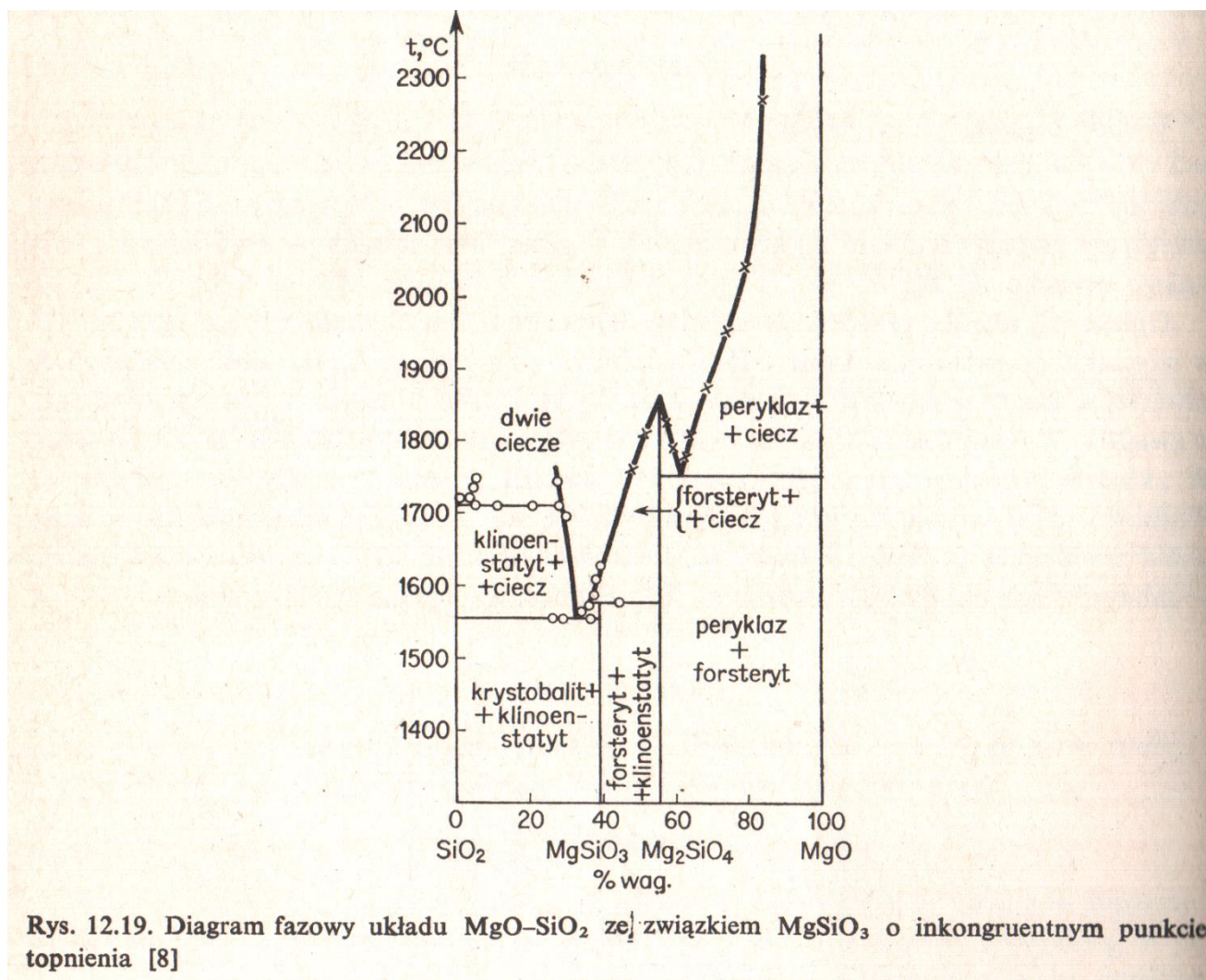
Rys. 12.30. Diagram fazowy układu Bi_2O_3 - Sm_2O_3 [14]



Rys. 12.26. Diagram fazowy układu FeO-MnO [11]

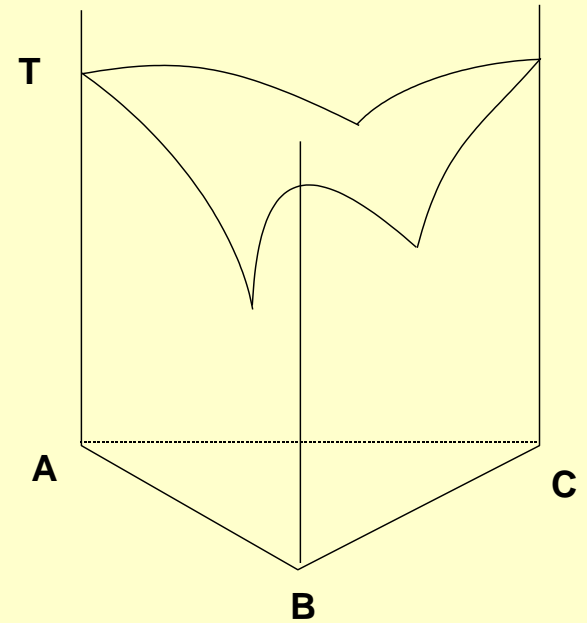
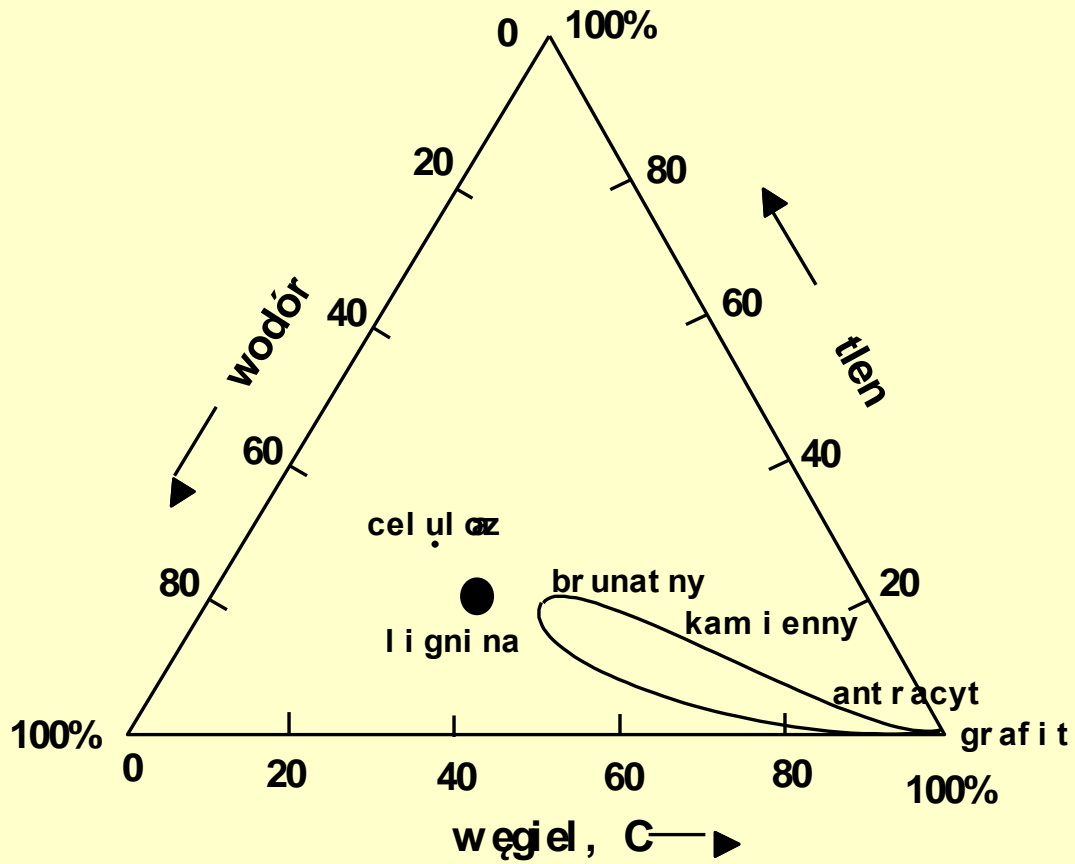


Rys. 12.27. Diagram fazowy układu Cr_2O_3 - Fe_2O_3 [12]



Rys. 12.19. Diagram fazowy układu MgO-SiO₂ ze $\frac{1}{2}$ związkiem MgSiO₃ o inkongruentnym punkcie topnienia [8]

Układy trójskładnikowe





<http://office.microsoft.com/pl-pl/clipart/default.aspx>