

Materiałoznawstwo optyczne

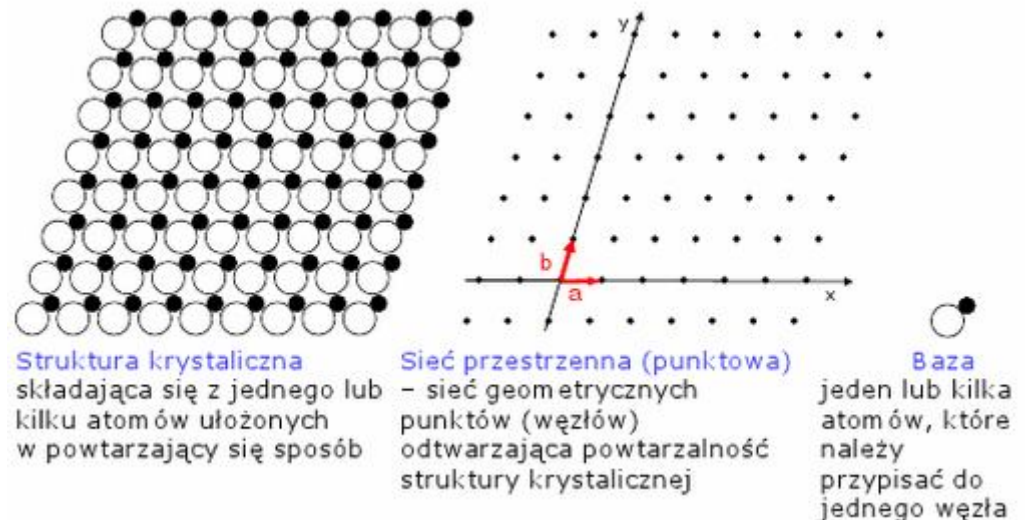
KRYSZTAŁY

Kryształy

kryształ: ciało o prawidłowej budowie wewnętrznej, fizycznie i chemicznie jednorodne, anizotropowe, mające wszystkie wektorowe własności fizyczne jednakowe w kierunkach równoległych oraz w kierunkach nierównoległych związanych z symetrią

- Ciało stałe, w którym cząsteczki (kryształy molekularne), atomy (kryształy kowalencyjne) lub jony (kryształy jonowe) są ułożone w uporządkowany schemat powtarzający się we wszystkich trzech wymiarach przestrzennych. W objętości ciała cząsteczki zajmują ściśle określone miejsca, zwane węzłami sieci krystalicznej, i mogą jedynie drgać wokół tych położań.

- monokryształy, polikryształy



Zastosowania monokryształów

- elementy aparatury optycznej
 - pryzmaty, polaryzatory, filtry , soczewki, szczególnie w ultrafiolecie i podczerwieni
 - nadfiolet: SiO_2 , fluoryt CaF_2 , fluorek litu LiF
 - podczerwień: fluoryt CaF_2 (do 10 μm), NaCl (do 16 μm), KCl (do 20 μm), KBr (do 28 μm), CsJ (do 50 μm)
 - soczewki z fluorytu do fotografii w ciemności lub mgle, ponadto b.mała dyspersja - achromaty
 - polaryzatory: kalcyt CaCO_3 , saletra sodowa NaNO_3 , herapatyt i hydroksylowe pochodne aminochlorku platyny - silny pleochroizm, również turmalin
 - polaryzatory na 5-20 μm : płytki AgCl
 - filtry absorpcyjne: halogenki metali alkalicznych zawierających w sieci obce jony (Tl, Pb, Ag, Cu)
 - elementy polaryzacyjne: kwarc, kalcyt
 - modulatory dwójłomności: KDP i ADP

Zastosowania monokryształów

- scyntylatory:

 - jodki metali alkalicznych z dodatkiem jodku talu - LiJ, NaJ, KJ, RbJ, CsJ,
ponadto wolframiany, oraz kryształy niektórych związków organicznych

- kamienie szlachetne

- piezoelektryki

 - kwarc, dwufosforan amonu

- półprzewodniki

- masery i lasery krystaliczne

 - najczęściej wykorzystywany: rubin, rutil TiO_2 z domieszką jonów Fe^{3+}

Kryształy

- Komórka elementarna
- Sieć krystaliczna
- Stała sieci krystalicznej
- układy krystalograficzne
 - Regularny
 - Tetragonalny
 - Heksagonalny
 - trygonalny
 - Rombowy
 - Jednoskośny
 - trójskośny

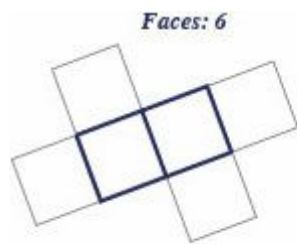
klasy i grupy symetrii

C - środek symetrii

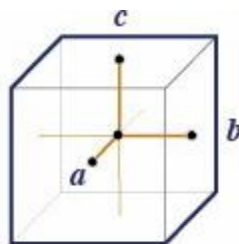
P - płaszczyzna symetrii

L - oś symetrii

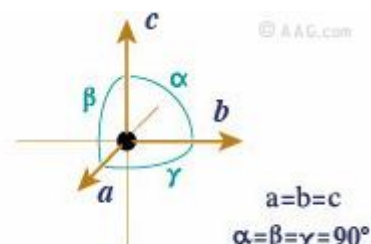
Układ regularny



Flat Cubic System



Cube (Isometric) Unit-Cell

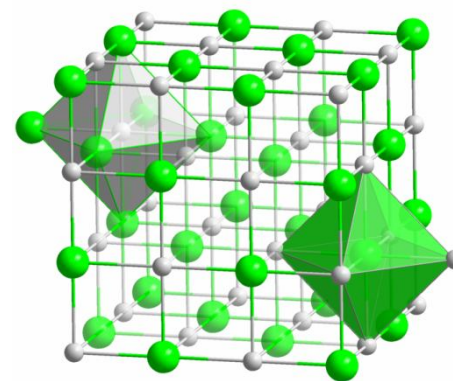


Crystallographic Axes

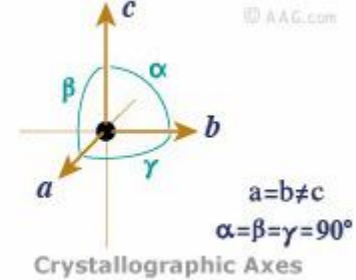
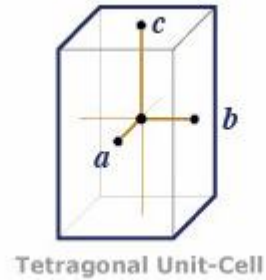
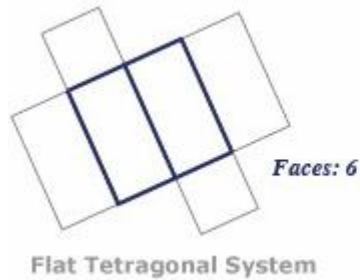
$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

Zaliczają się do niego m. in. piryt,
diament, granat, fluoryt, złoto
rodzime, srebro rodzime, platyna
rodzima, galena, miedź rodzima,
fluoryt.



Układ tetragonalny



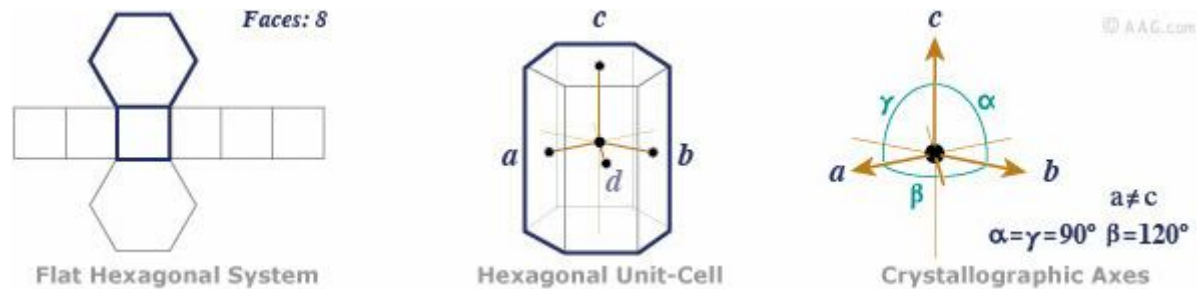
$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

Zaliczają się do niego m.in. Cyrkon, anataz, autunit, wezuwian, rutyl, chalkopiryt, kasyteryt, apofyllit, wulfenit, novacekit.



Układ heksagonalny



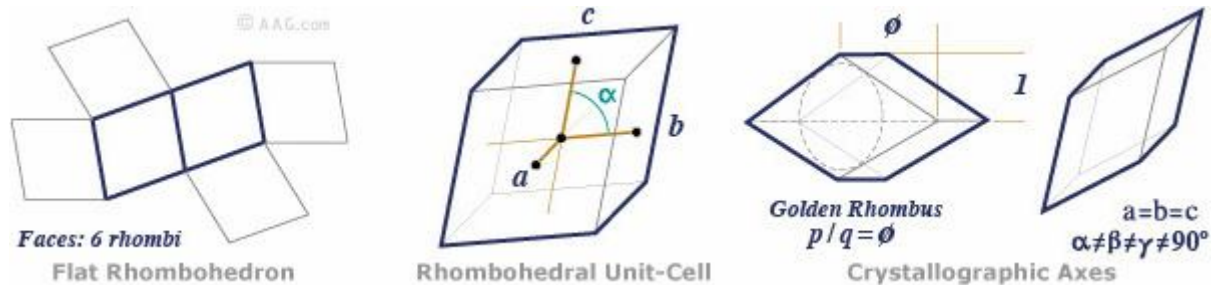
$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

Zaliczają się do niego m.in. grafit, beryl, apatyt, wanadynit, kowelin, molibdenit, pirotyn, nefelin, piormorfit.



Układ trygonalny



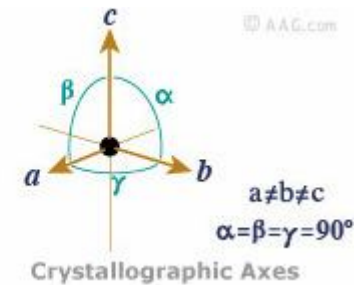
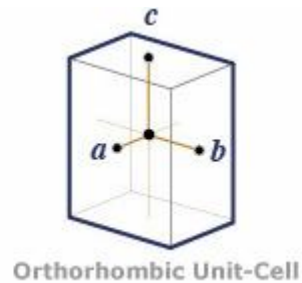
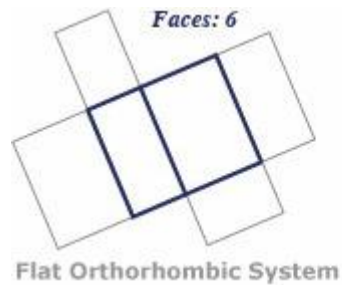
$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

Minerały, których kryształy krystalizują się w układzie trygonalnym są m. in. Kwarc, kalcyt, cynober, turmalin, syderyt, magnezyt, korund, hematyt, brucyt.



Układ rombowy



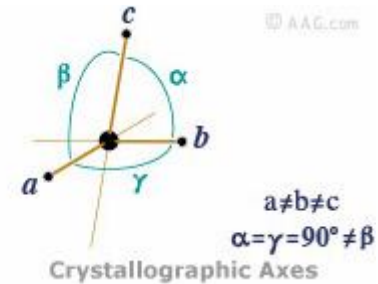
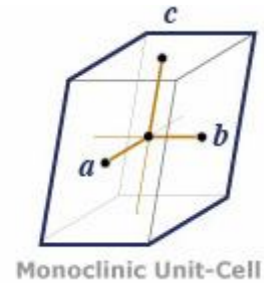
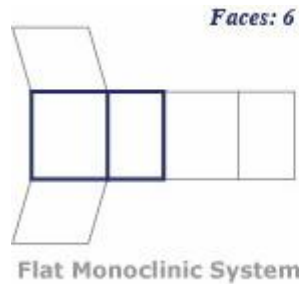
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

Zaliczają się do niego m.in. Beryt, topaz, celestyn, siarka rodzima, aragonit, cerusyt, oliwin.



Układ jednoskośny



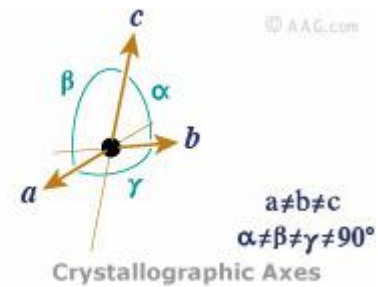
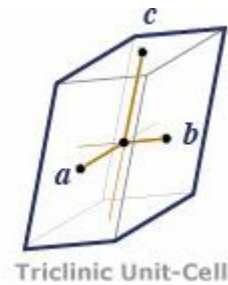
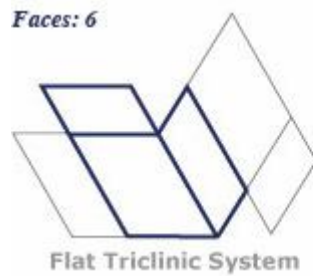
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$$

Zaliczają się do niego m.in. Talk, mika, azuryt, calaveryt, sylvanit, malachit, erytryn, jadeit, gips.



Układ trójskośny

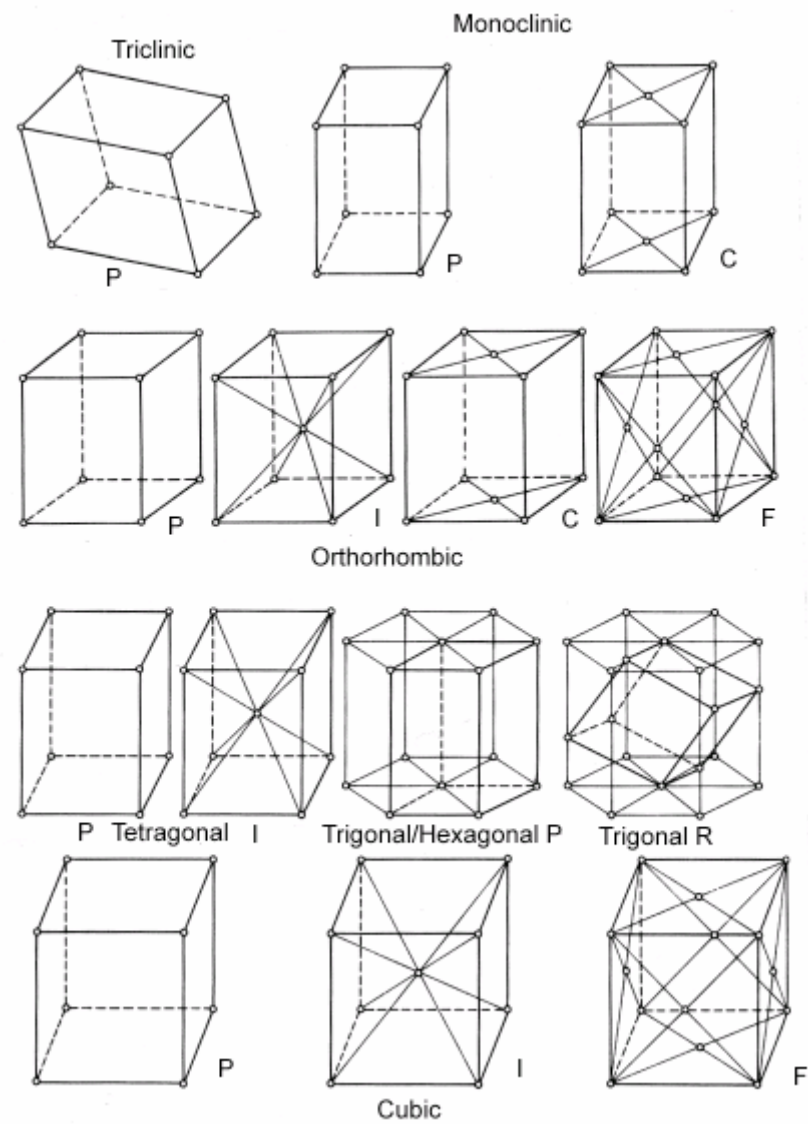


$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

Zaliczają się do niego m. in. Amazonit, rodonit, chalkantyt, chalkosyderyt, cyanit.





32 klasy symetrii

Stopnie symetrii:

I - sama os symetrii

II - oś symetrii + środek symetrii

III - oś symetrii + oś symetrii dwukrotna do niej prostopadła

IV - oś symetrii + płaszczyzna symetrii zawierająca tę oś

V - I+II+III+IV

Ia) sama oś symetrii inwersyjna

IIa) oś inwersyjna + oś symetrii dwukrotna do niej prostopadła

	I	Ia	II	III	IIa	IV	V
Trójsk. i jednos k.	+		+	+		+	+
Romb.				+		+	+
Tryg.	+		+	+		+	+
Tetrag.	+	+	+	+	+	+	+
Heksag. .	+	+	+	+	+	+	+
Reg.	+		+	+		+	+

Metody wytwarzania kryształów

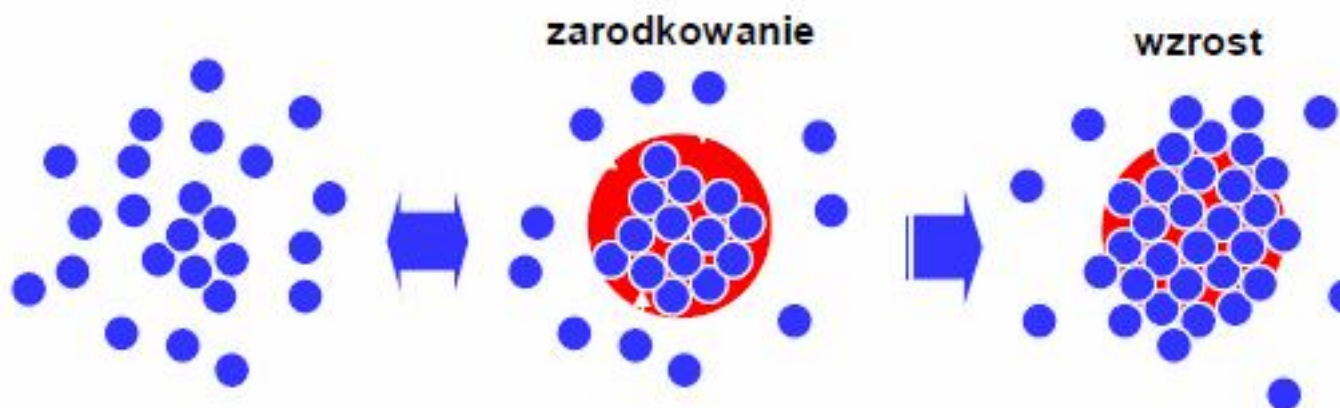
- łopata
- krystalizacja z roztworów pod ciśnieniem atmosferycznym
- metoda hydrotermalna

Monokryształy można otrzymywać:

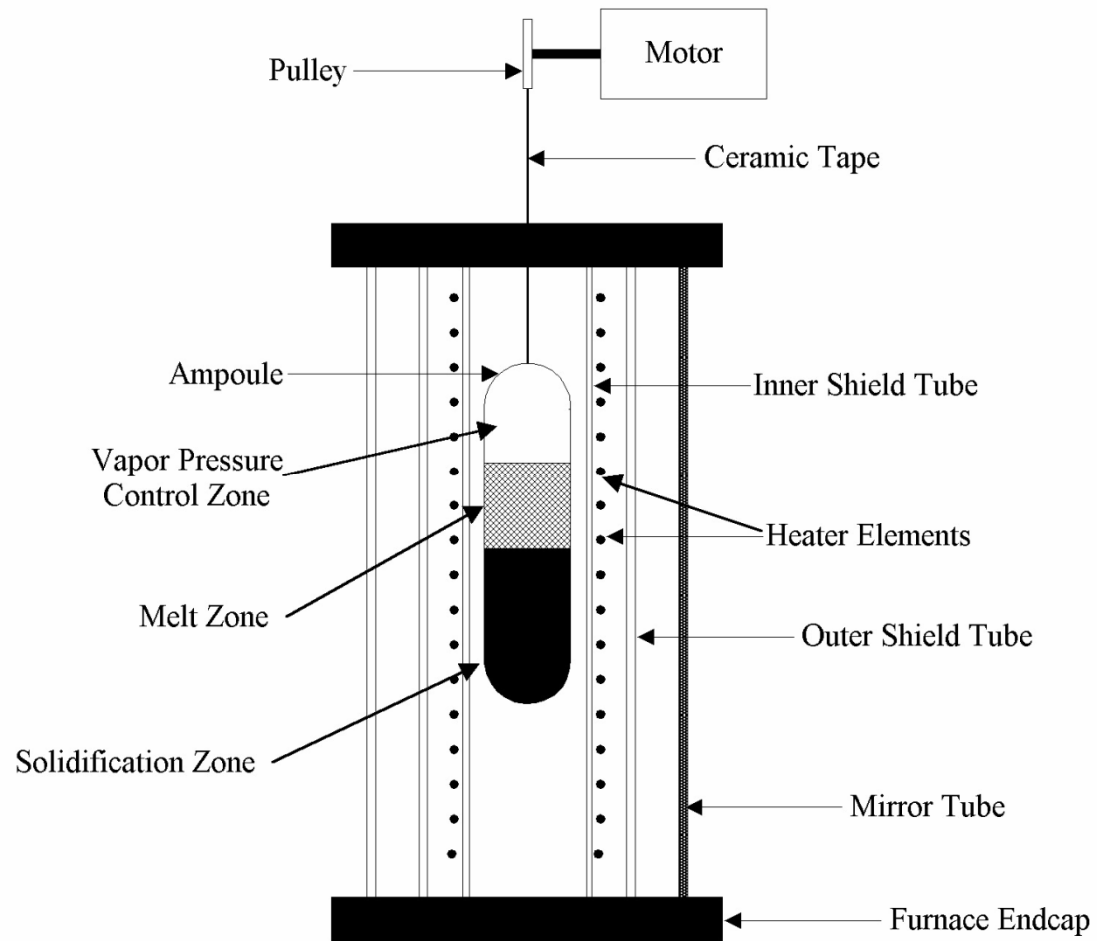
- z fazy stałej – w wyniku przemiany fazowej w stanie stałym
- z fazy ciekłej – przez bezpośrednie zestalanie cieczy, odparowanie, przez „wyciąganie” monokryształu ze stopionego materiału
- z fazy pary – przez sublimację, metodą gazowego transportu chemicznego

Etapy procesu krystalizacji

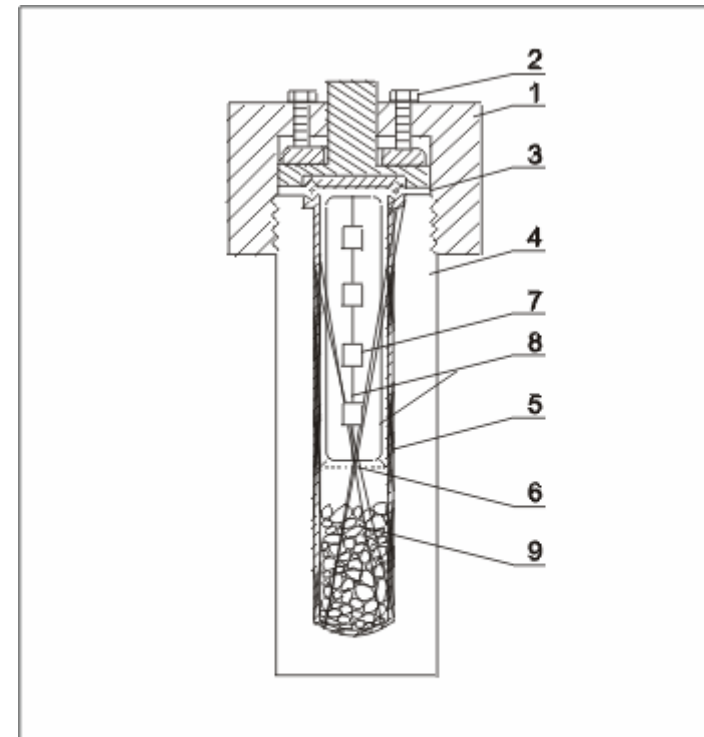
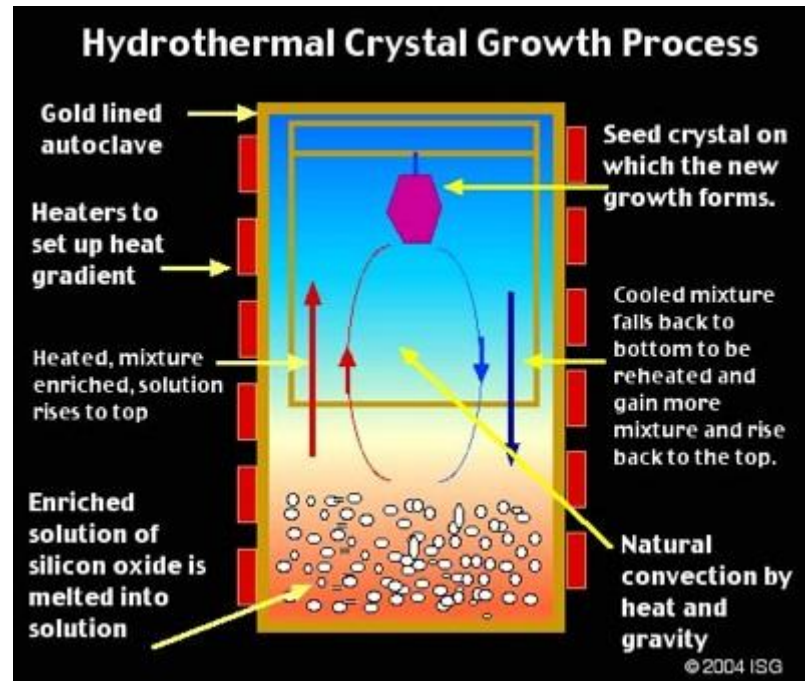
- zarodkowanie (nukleacja) – pierwszy etap krystalizacji
- wzrost kryształu



Metoda krystalizacji pod ciśnieniem atmosferycznym



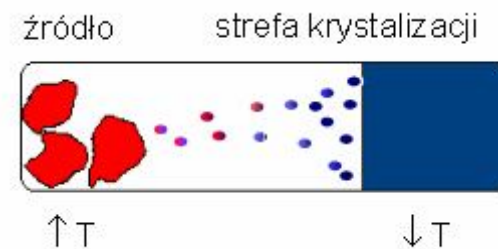
Metoda hydrotermalna



Rys. 2. Schematautoklawu do syntezy szmaragdów metodą hydrotermalną:
 1 – pokrywa autoklawu, 2 – sworznie dociskowe, 3 – uszczelka, 4 – korpus autoklawu, 5 – powłoka wewnętrzna z metalu szlachetnego, 6 – sito, 7 – kryształ zarodkowy, 8 – mocowanie kryształów zarodkowych, 9 – materiał krystalizacyjny.

Metoda sublimacji (kondensacji)

- Przenoszenie cząsteczek z materiału źródła do fazy gazowej (sublimacja, odparowanie)
- transport cząsteczek przez fazę gazową
- wbudowywanie się cząsteczek par do kryształu (kondensacja)



Metody wytwarzania kryształów

krystalizacja wywołana chłodzeniem substancji stopionej o tym samym składzie, co kryształ

- metoda Czochralskiego

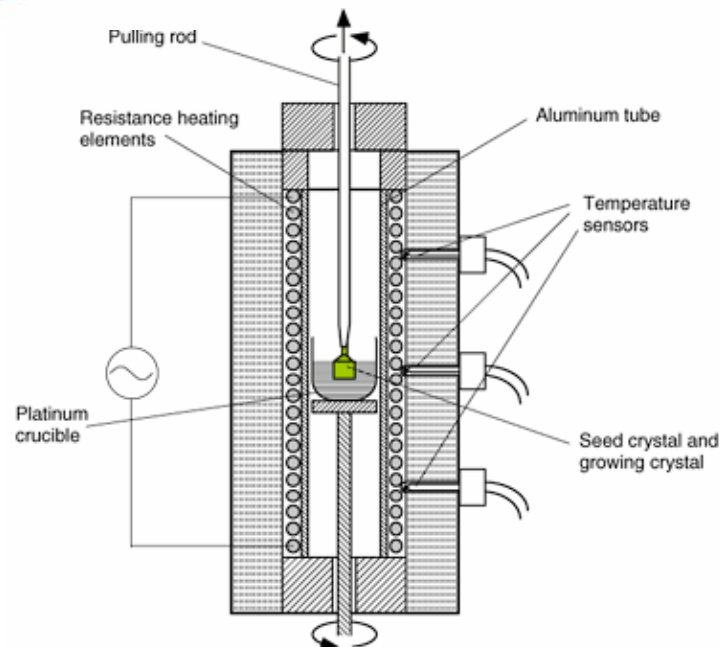
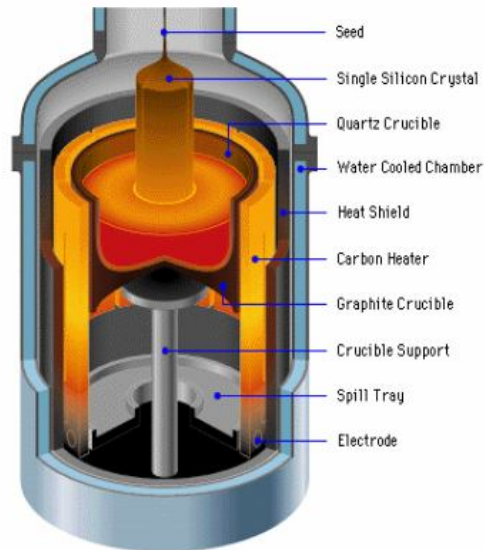
- metoda Kyropulosa

- metoda Bridgmana-Stockbargera

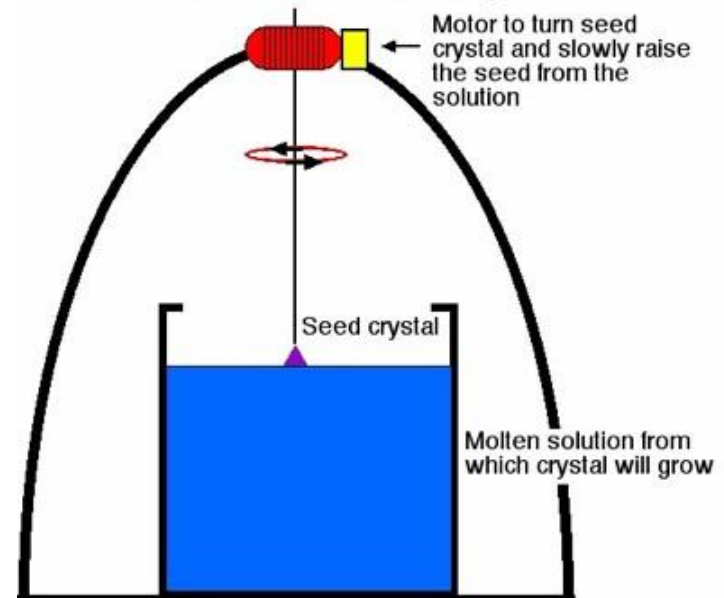
- metoda topienia strefowego

- metoda Verneuil

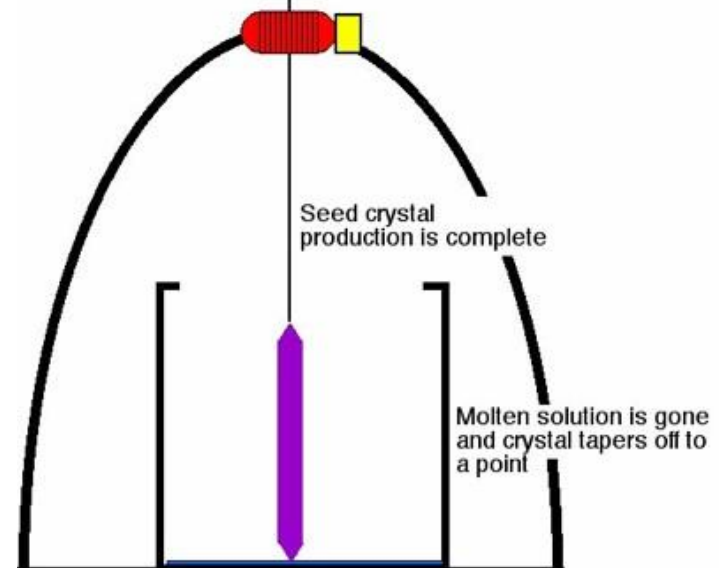
Metoda Czochralskiego



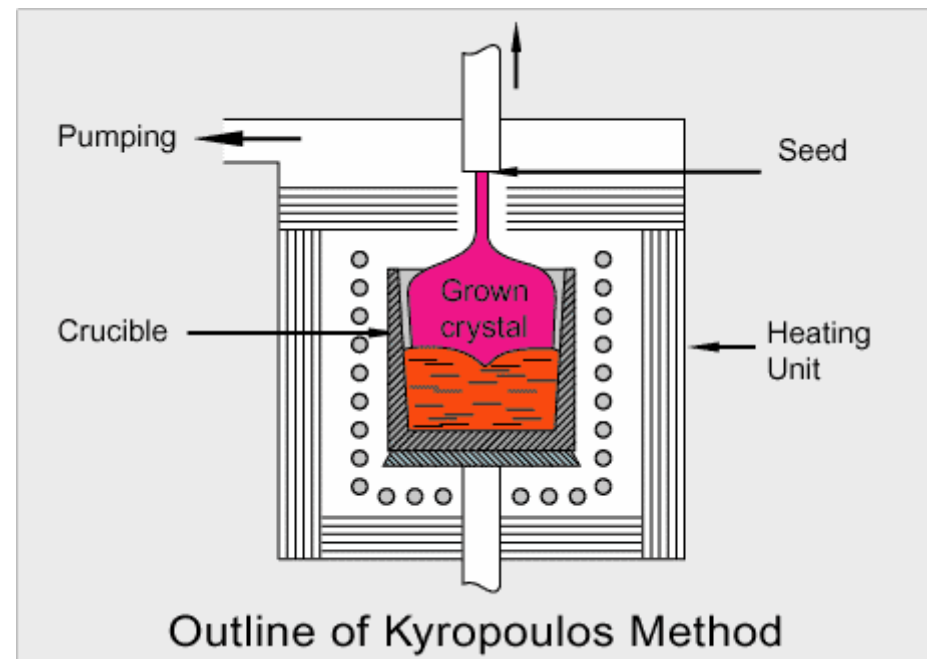
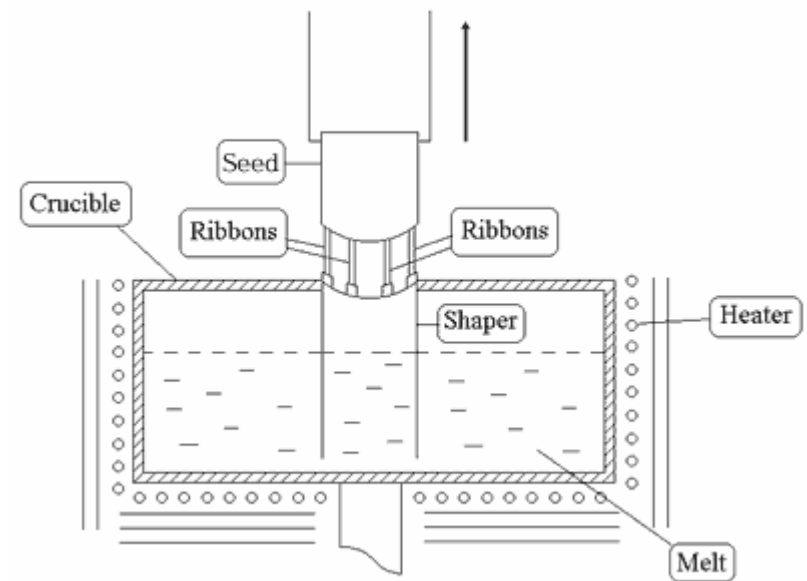
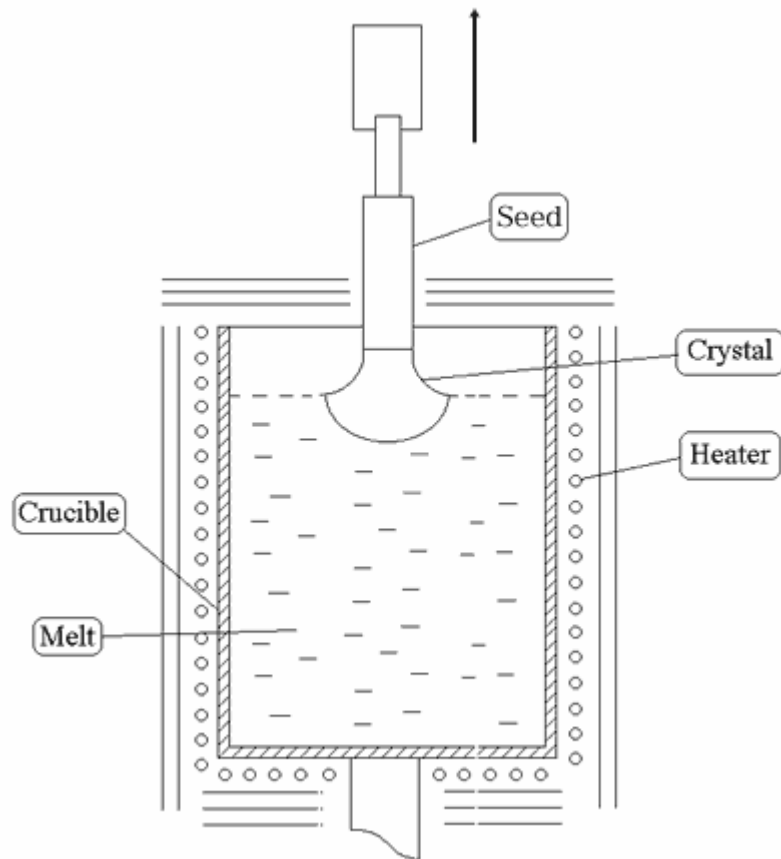
Czochralski Method of Gemstone Synthesis



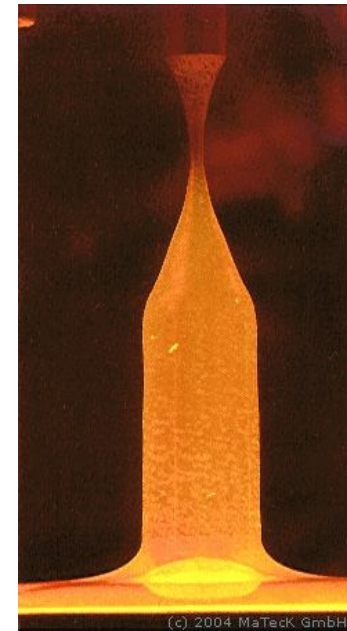
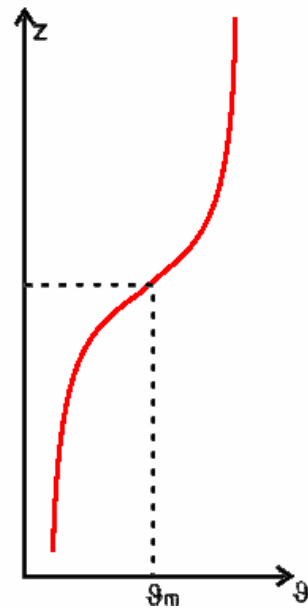
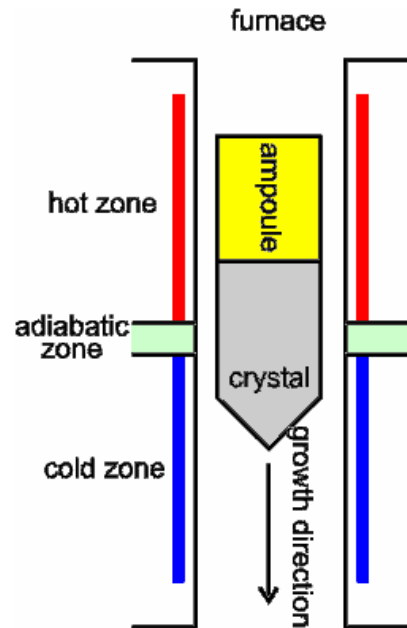
Czochralski Method of Gemstone Synthesis



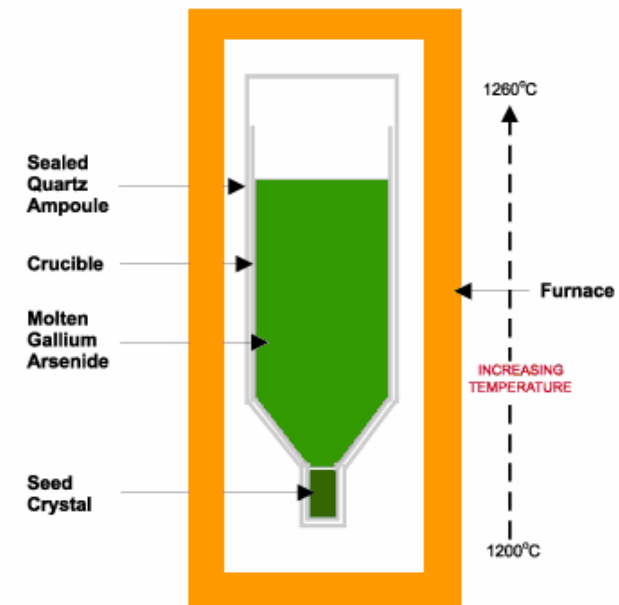
Metoda Kyropulosa



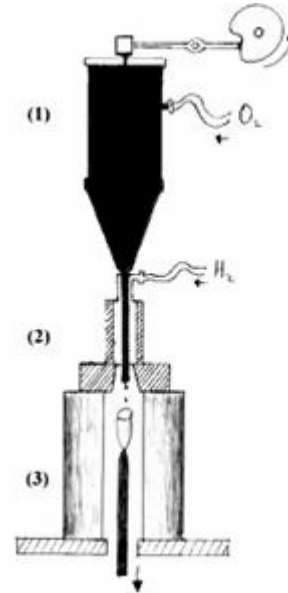
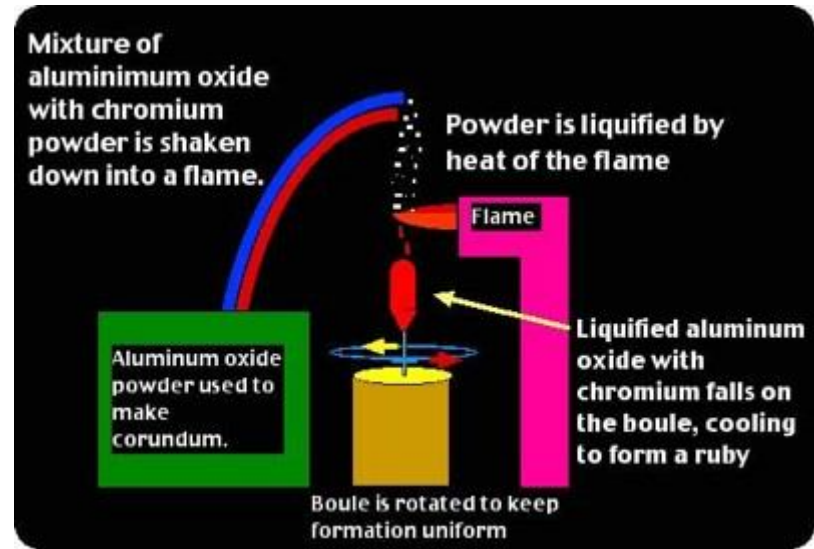
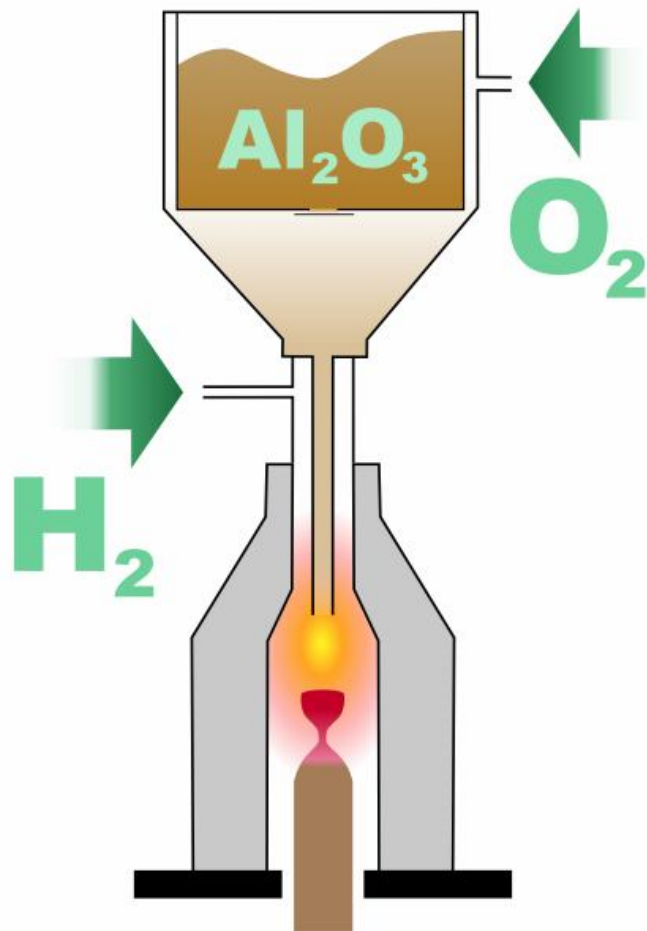
Metoda Bridgmana-Stockbargera



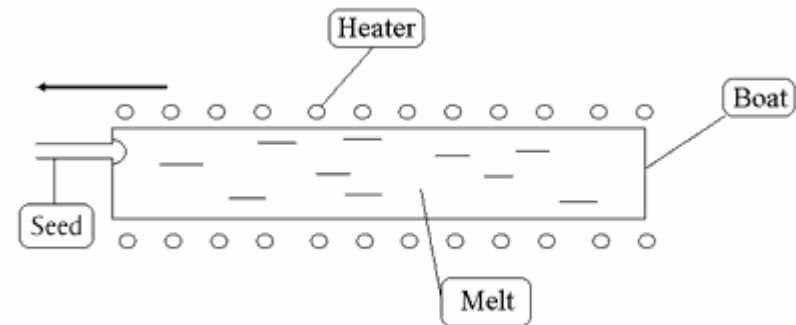
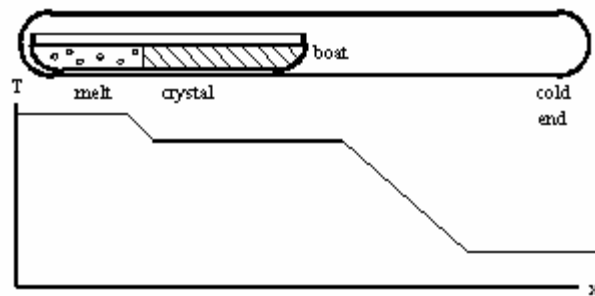
Gallium Arsenide Crystal Growth by Vertical Gradient Freeze



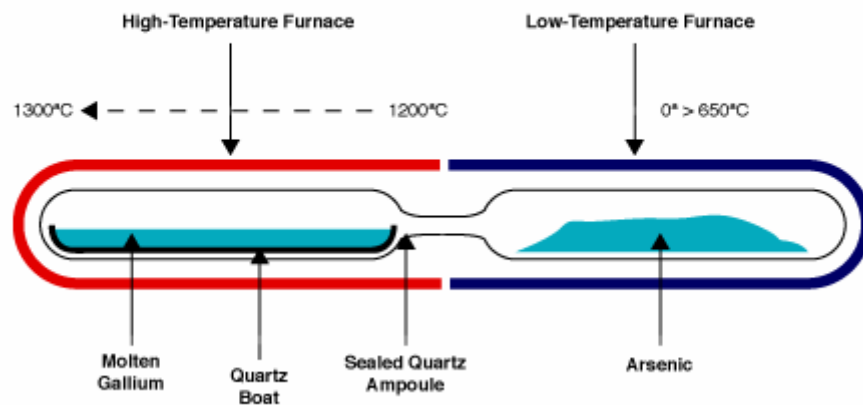
Metoda Verneuila



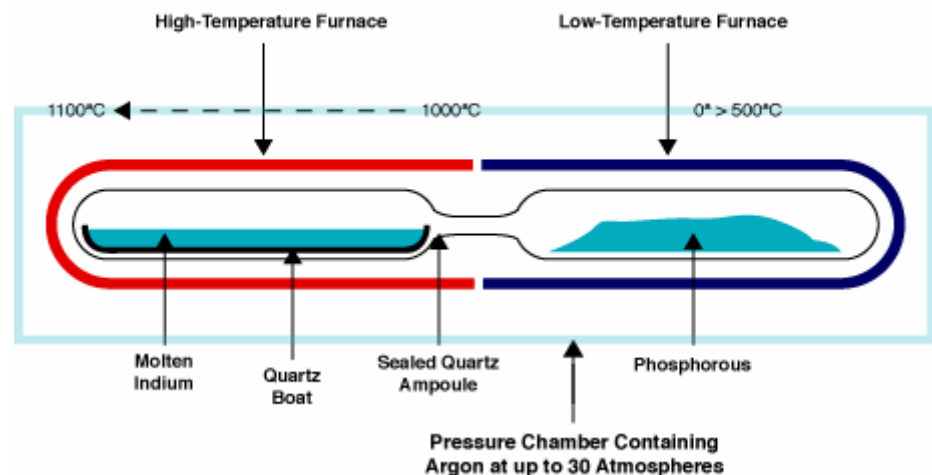
Metoda topienia strefowego



Gallium Arsenide Synthesis by Horizontal Gradient Freeze



Indium Phosphide Synthesis by Horizontal Gradient Freeze



Metody wytwarzania kryształów

- otrzymywanie kryształów w wyniku przemian polimorficznych
- krystalizacja spowodowana kondensowaniem się par
- otrzymywanie kryształów w wyniku reakcji chemicznych