

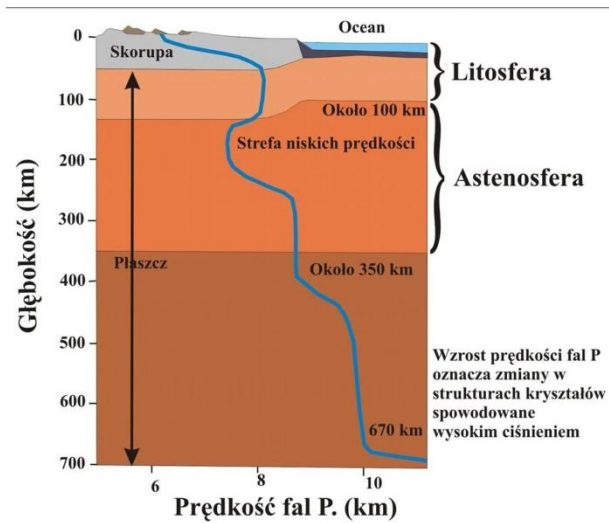
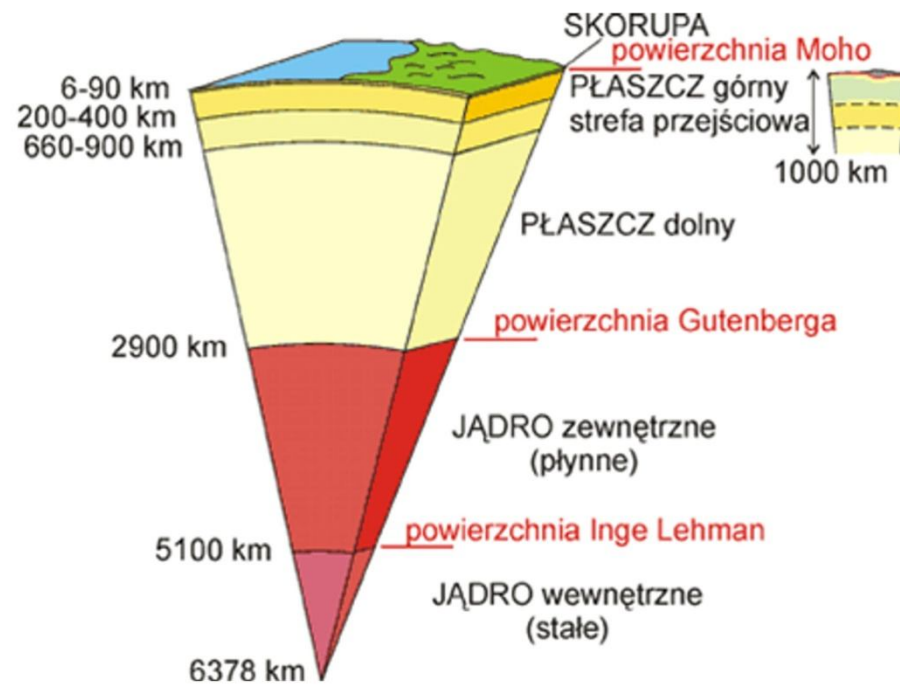
Spotkania z geologią

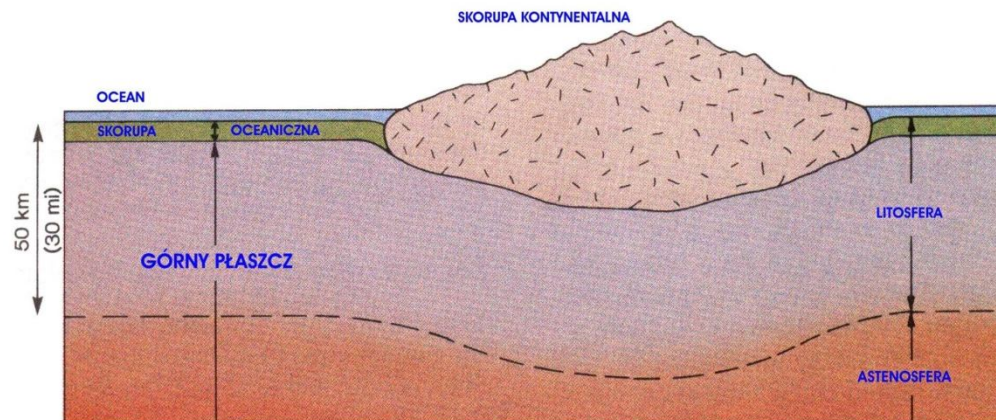
Stanisław Madej ING UW



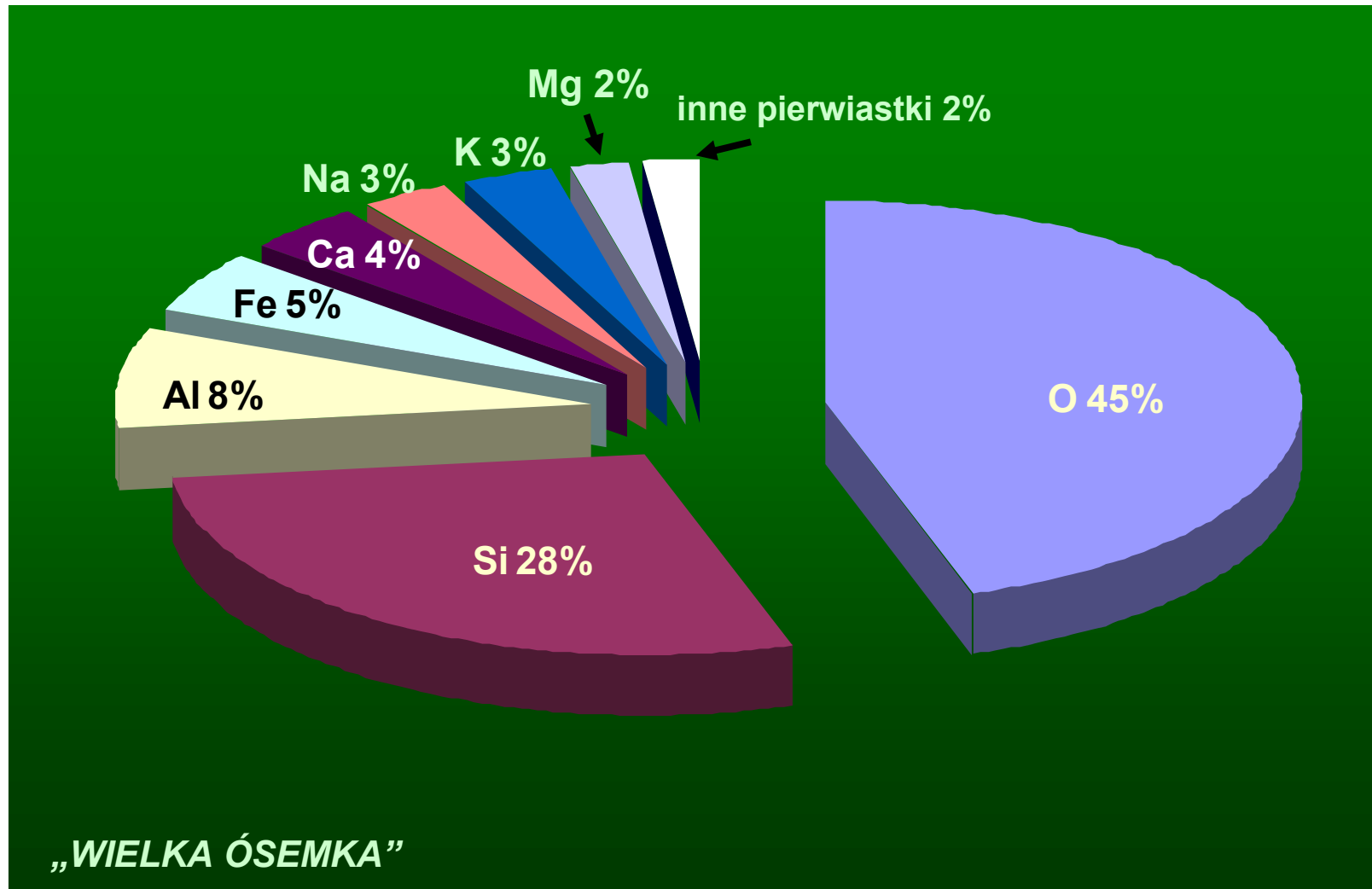








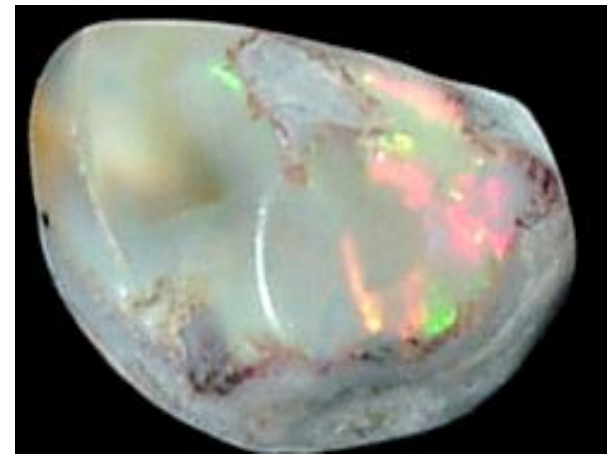
SKŁAD CHEMICZNY SKORUPY ZIEMSKIEJ



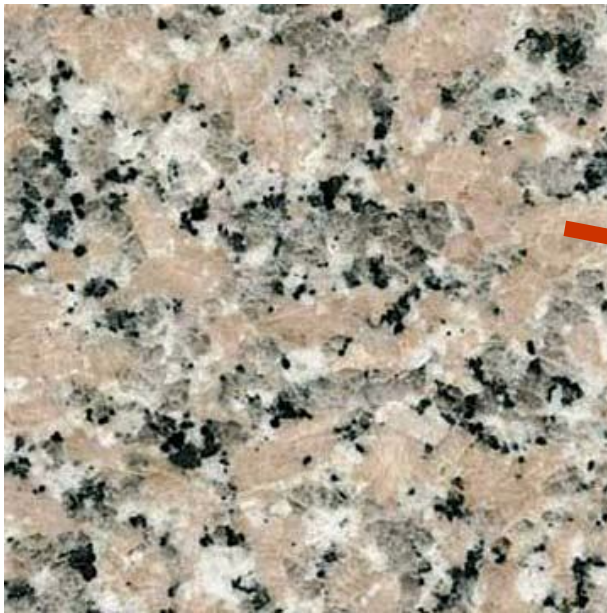
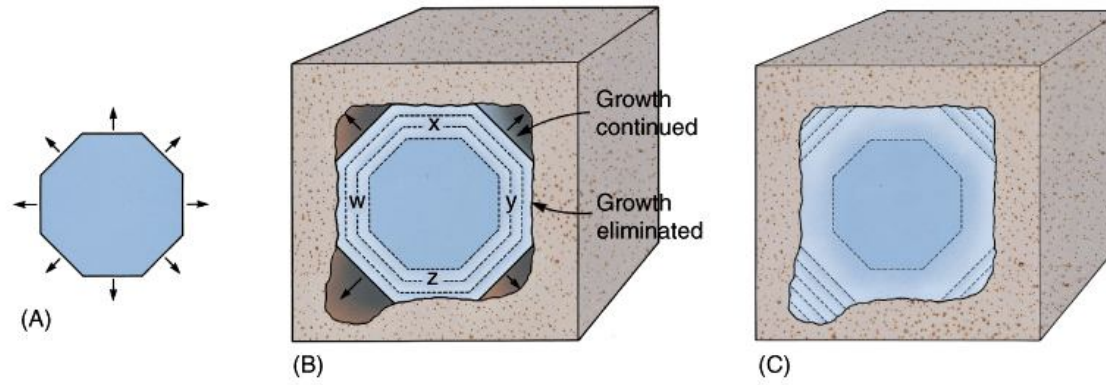
MINERAŁ

- pierwiastek lub związek chemiczny
- o stałym stanie skupienia i uporządkowanej budowie wewnętrznej
- powstały w sposób naturalny (bez ingerencji człowieka) w wyniku procesów geologicznych lub kosmologicznych

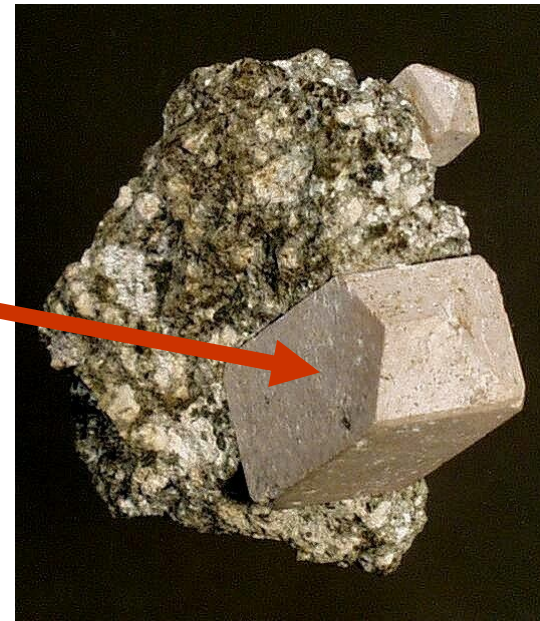
MINERALOID: naturalna substancja niespełniająca definicji minerału, ale będąca przedmiotem zainteresowania geologów, np.: bursztyn, opal, obsydian, węgiel



CIAŁO KRYSTALICZNE, KRYSZTAŁ



ziarna mineralne

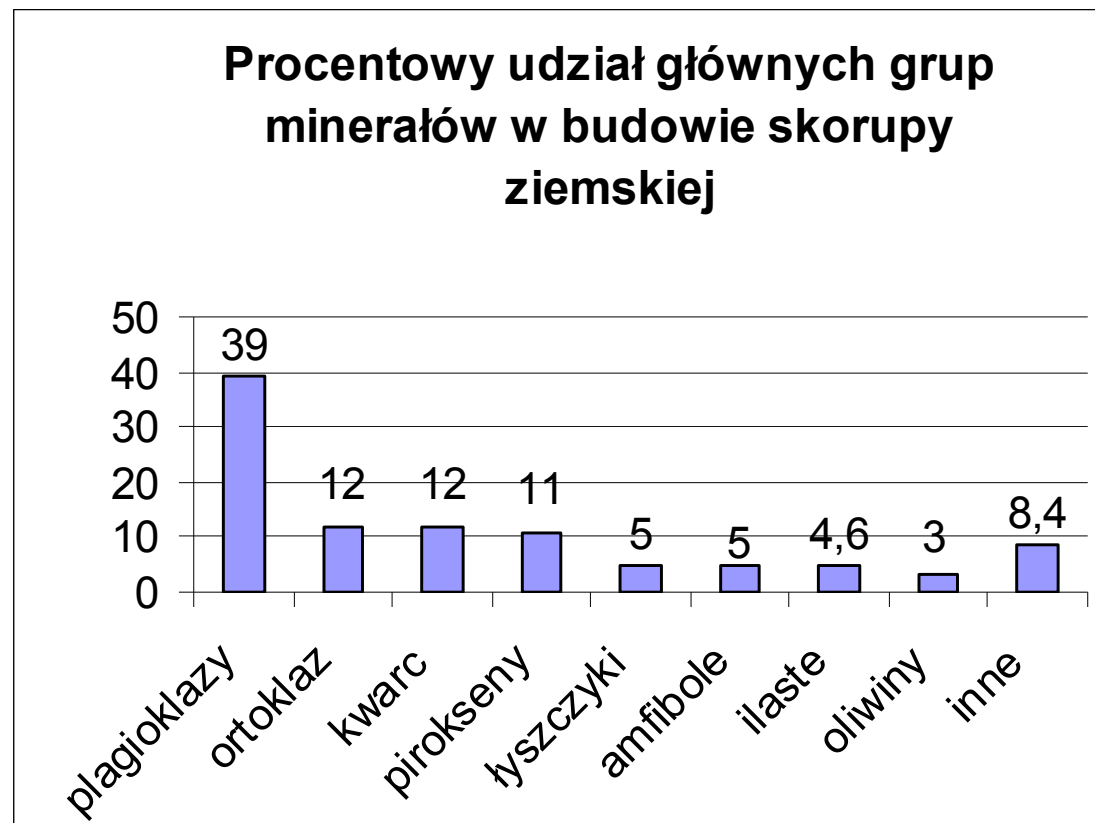


kryształ

MINERAŁ SKAŁOTWÓRCZY: minerał odgrywający znaczącą rolę w budowie skał (skorupy ziemskiej)

SKAŁA MONOMINERALNA

SKAŁA POLIMINERALNA



GROMADY

- I. Pierwiastki rodzime
- II. Węglik, azotki, fosforki i krzemki
- III. Siarczki
- IV. Halogenki
- V. Tlenki i wodorotlenki
- VI. Sole kwasów tlenowych
np.
 - węglany
 - siarczany i siarczyny
 - krzemiany i glinokrzemiany
- VII. Minerale amonu
- VIII. Związki organiczne i pokrewne

Przykład:

Gromada VI. Sole kwasów tlenowych

Gromada VI-3. Węglany

Klasa 2. Węglany bezwodne

Grupa kalcytu i aragonitu – minerał: kalcyt CaCO_3

Klasyfikacja krystalochemiczna minerałów

- PIERWIASTKI RODZIME
- SIARCZKI
- HALOGENKI
- TLENKI I WODOROTLENKI
- WĘGLANY
- FOSFORANY
- KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY
- ZWIĄZKI ORGANICZNE (mineraloidy)

PIERWIASTKI RODZIME

Naturalnie występujące pierwiastki i ich mieszaniny (stopy)

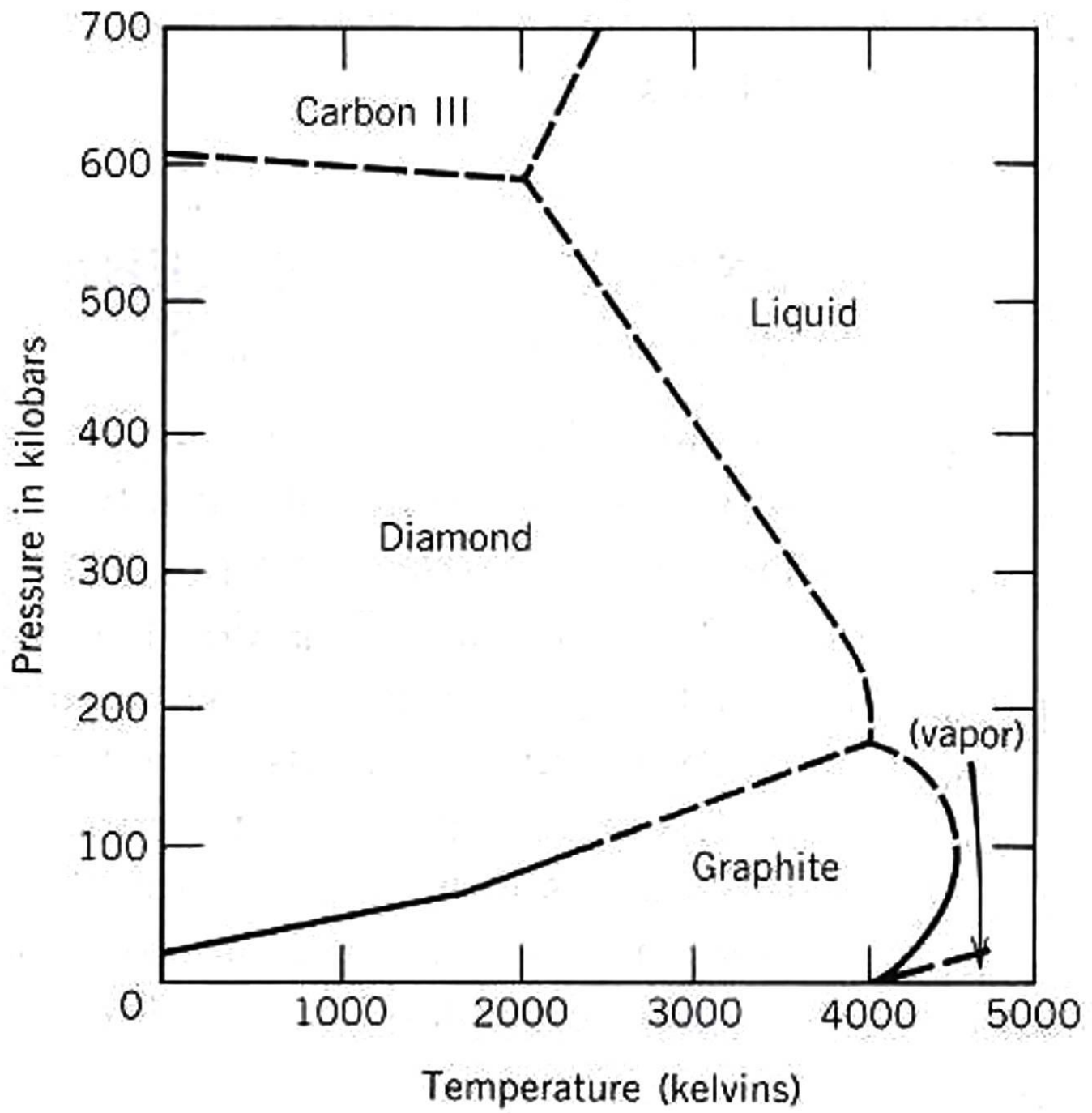


Złoto rodzime Au



Siarka rodzima S

POLIMORFIZM – ta sama substancja chemiczna posiada zdolność tworzenia dwóch lub więcej minerałów różniących się strukturą (budową wewnętrzną) i własnościami fizycznymi



SIARCZKI

Beztlenowe związki metali z siarką S^{2-} (siarczki)



Pyryt FeS_2



Markasyt FeS_2



Chalkopiryty
 $CuFeS_2$



Galena PbS



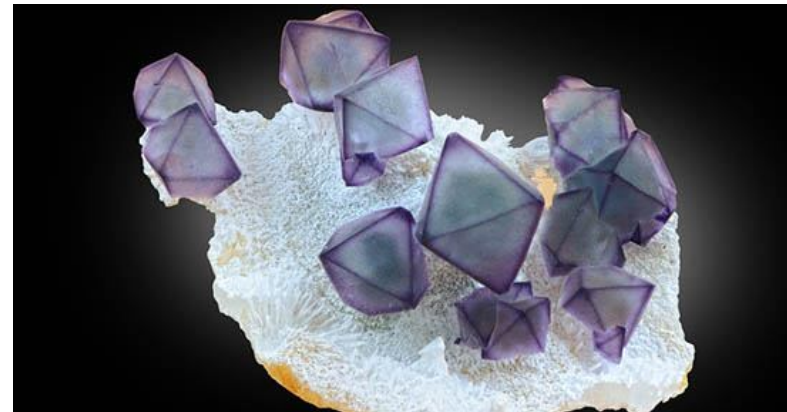
Sfaleryt ZnS

HALOGENKI

beztlenowe związki Cl, Br, J, F



Halit NaCl



Fluoryt CaF₂

TLENKI I WODOROTLENKI

Związki z tlenem O^{2-} i grupą hydroksylową OH^-



Hematyt Fe_2O_3



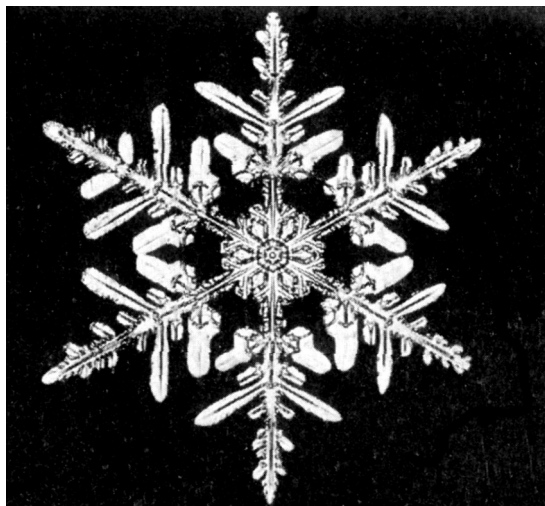
Magnetyt Fe_3O_4



Korund Al_2O_3

TLENKI I WODOROTLENKI

Związki z tlenem O^{2-} i/lub grupą hydroksylową OH^-



Lód H₂O



Tlenki Mn



Goethyt FeOOH

WĘGLANY

Związki z CO_3^{2-}



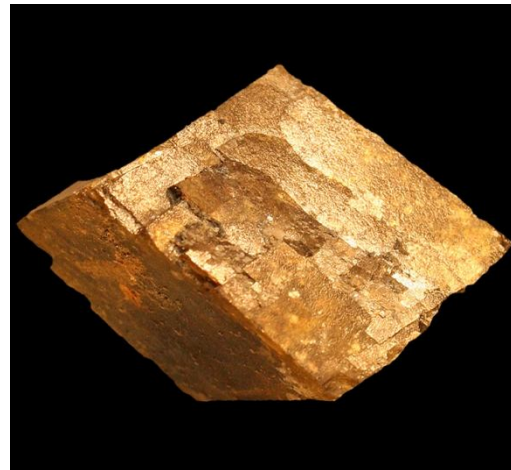
Kalcyt CaCO_3



Aragonit CaCO_3



Magnezyt MgCO_3



Syderyt FeCO_3



Dolomit $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$

SIARCZANY

Związki z SO_4^{2-}



Baryt BaSO_4



Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Anhydryt CaSO_4

FOSFORANY

Związki z PO_4^{3-}



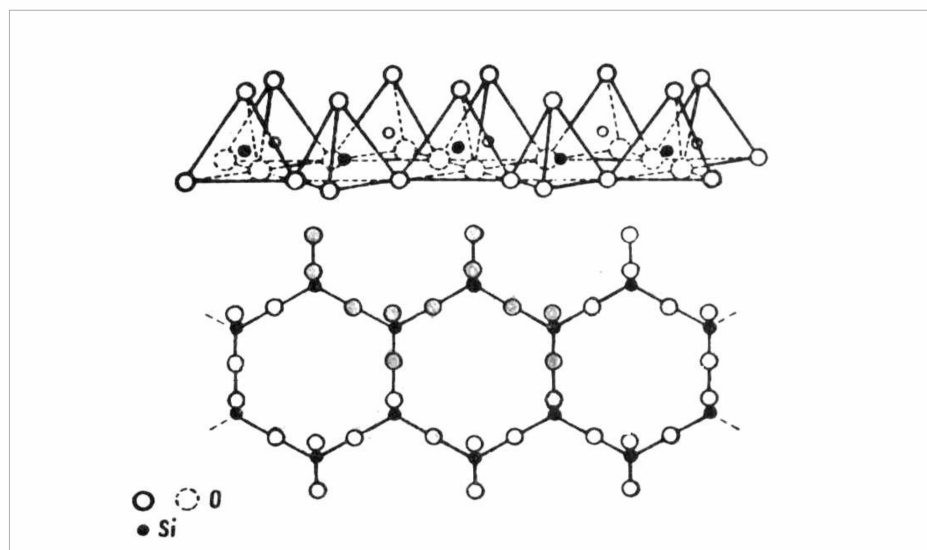
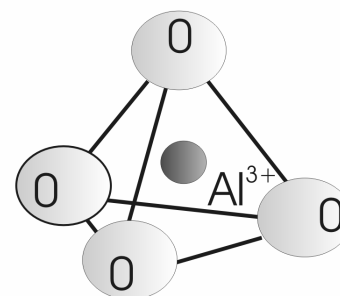
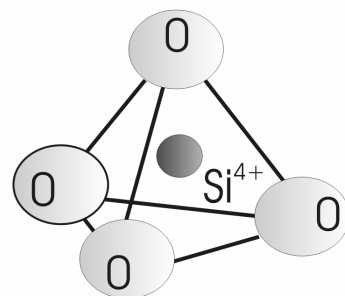
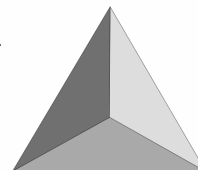
Apatyt $\text{Ca}_5\text{F}[\text{PO}_4]_3$

KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY

KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY

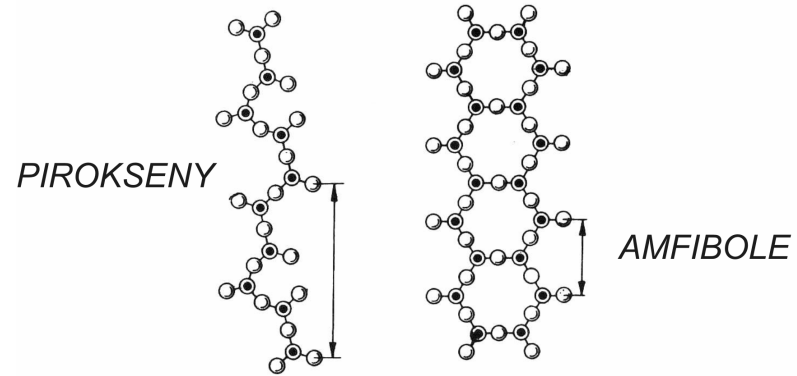
PODSTAWOWE CEGIELKI

TETRAEDR

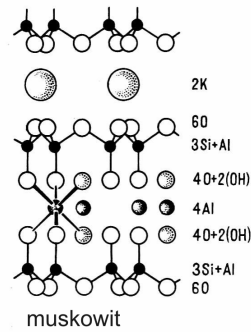


PRZYKŁADY STRUKTUR

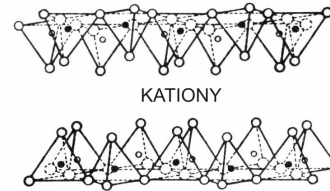
KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY ŁAŃCUCHOWE, WSTĘGOWE



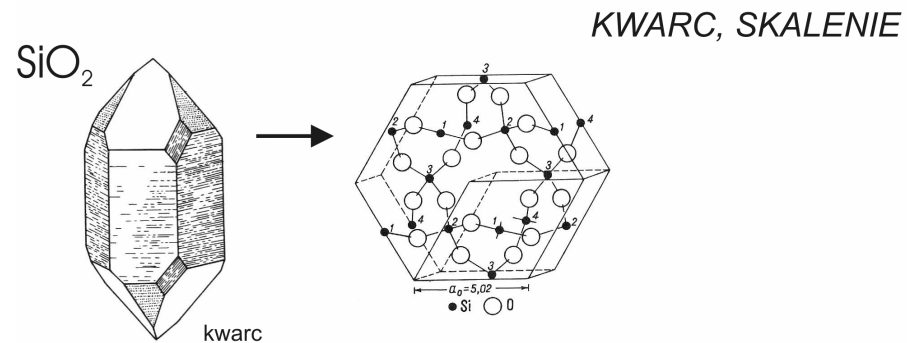
KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY WARSTWOWE



MIKI (ŁYSZCZYKI)

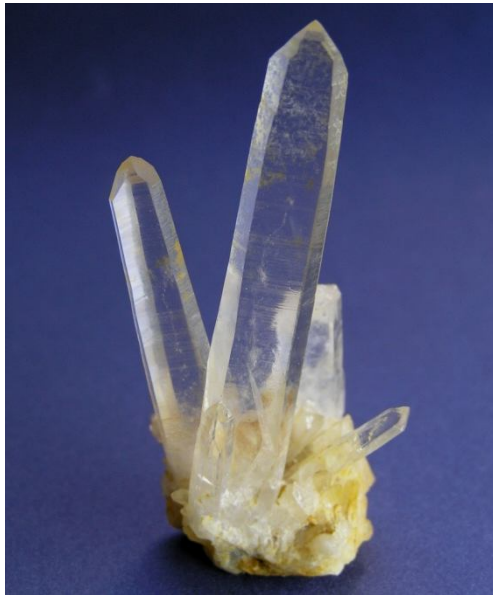


KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY GRUPOWE



KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY

SiO_2 (minerały krzemionki)



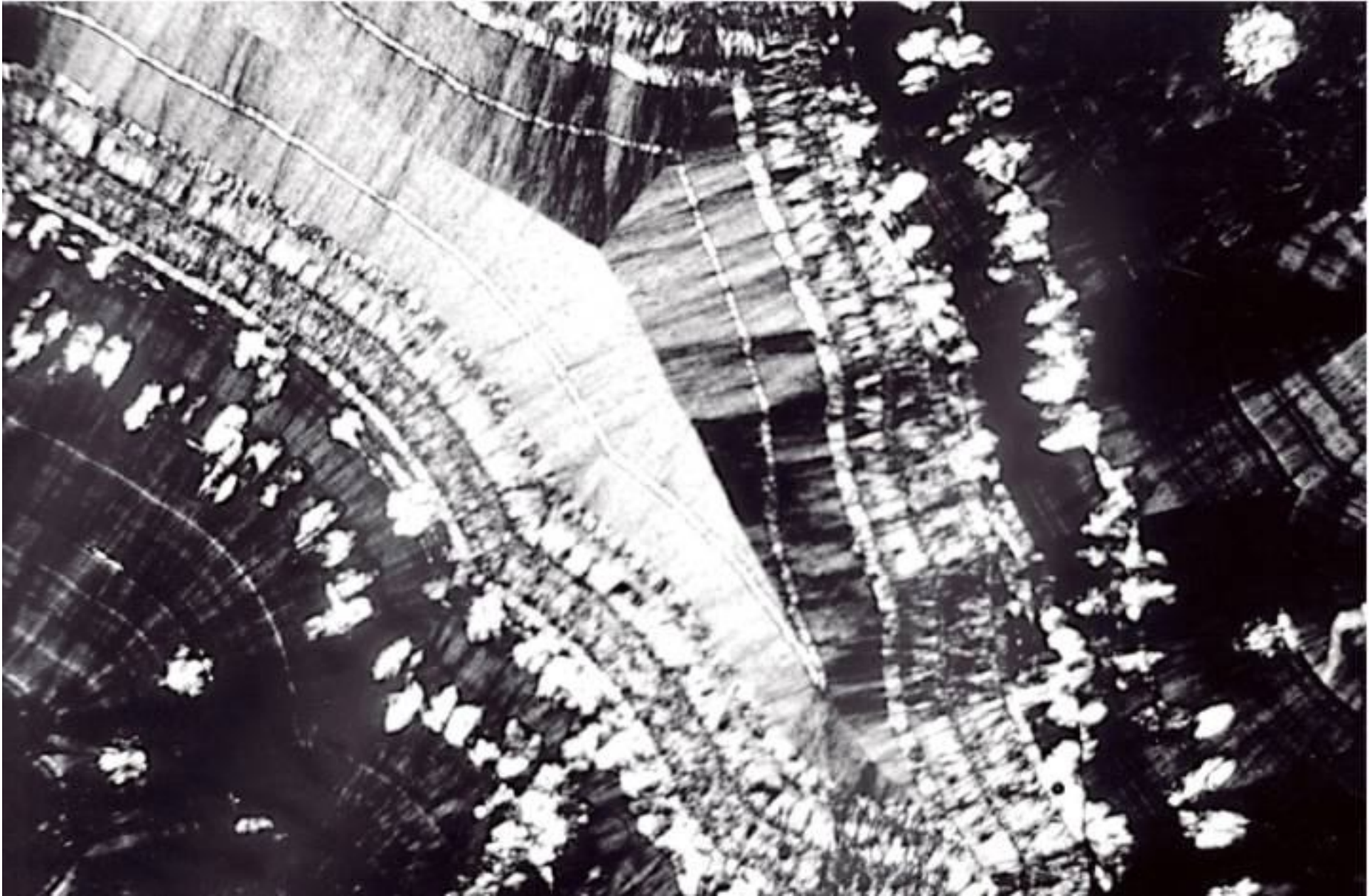
Kwarc SiO_2
odm. kryształ górski



Chalcedon SiO_2
odm. agat



Opal $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$



Warstewki chalcedonu w agacie – zdjęcie spod mikroskopu polaryzacyjnego

KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY

Oliwiny $(\text{Mg, Fe})_2[\text{SiO}_4]$



Forsteryt $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$



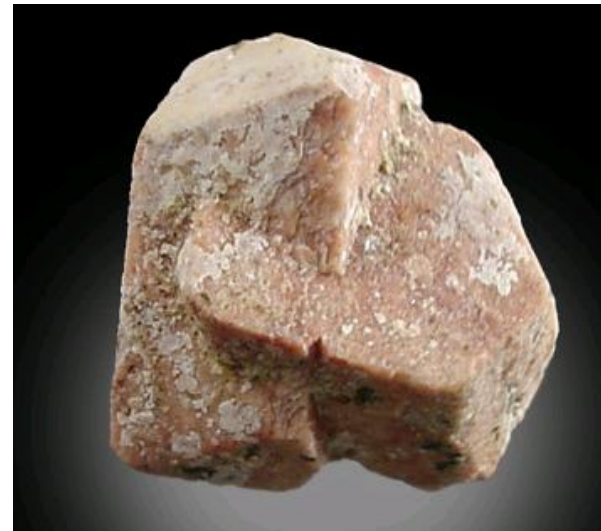
Fajalit $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$

KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY

Skalenie potasowe



Mikroklin $K[AlSi_3O_8]$



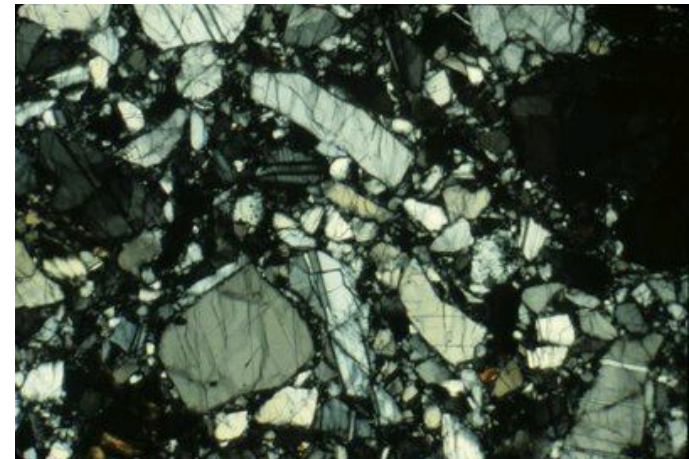
Ortoklaz $K[AlSi_3O_8]$

KRZEMIANY I GLINOKRZEMIANY

Skalenie sodowo-wapniowe: plagioklasy



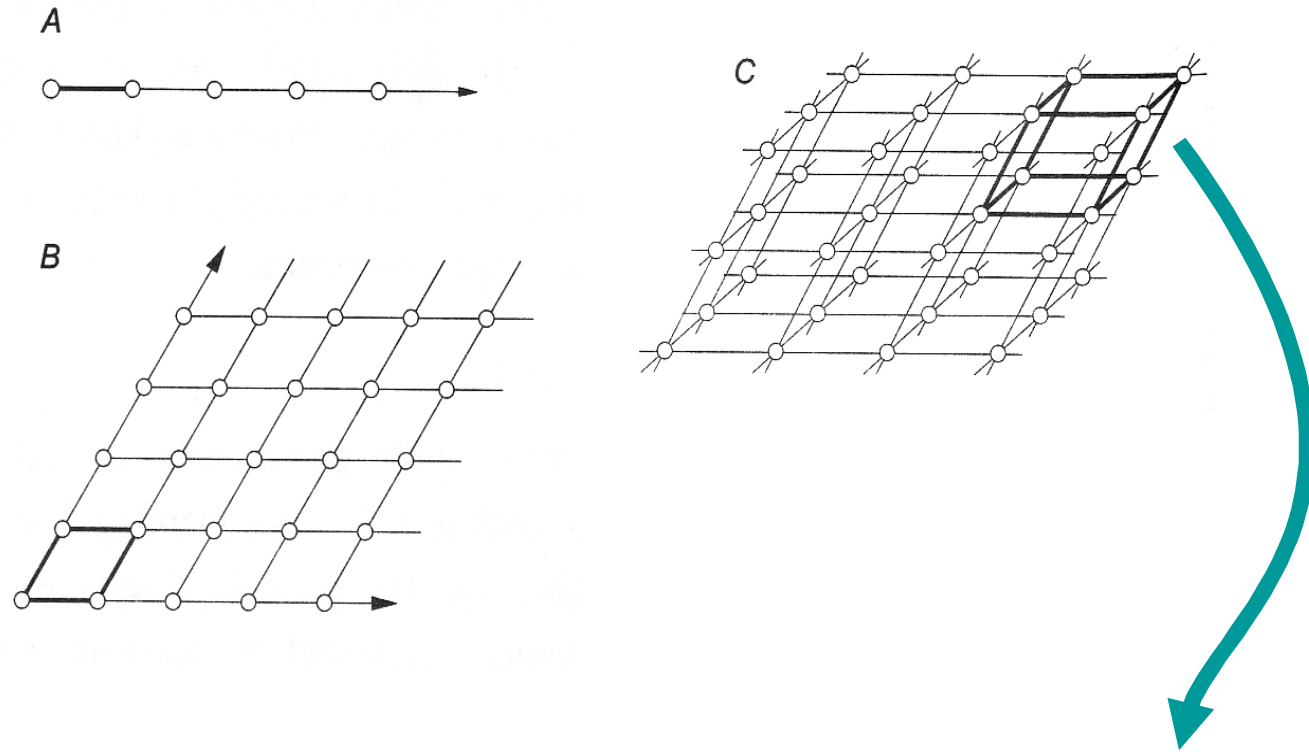
Albit $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$



Anortyt $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

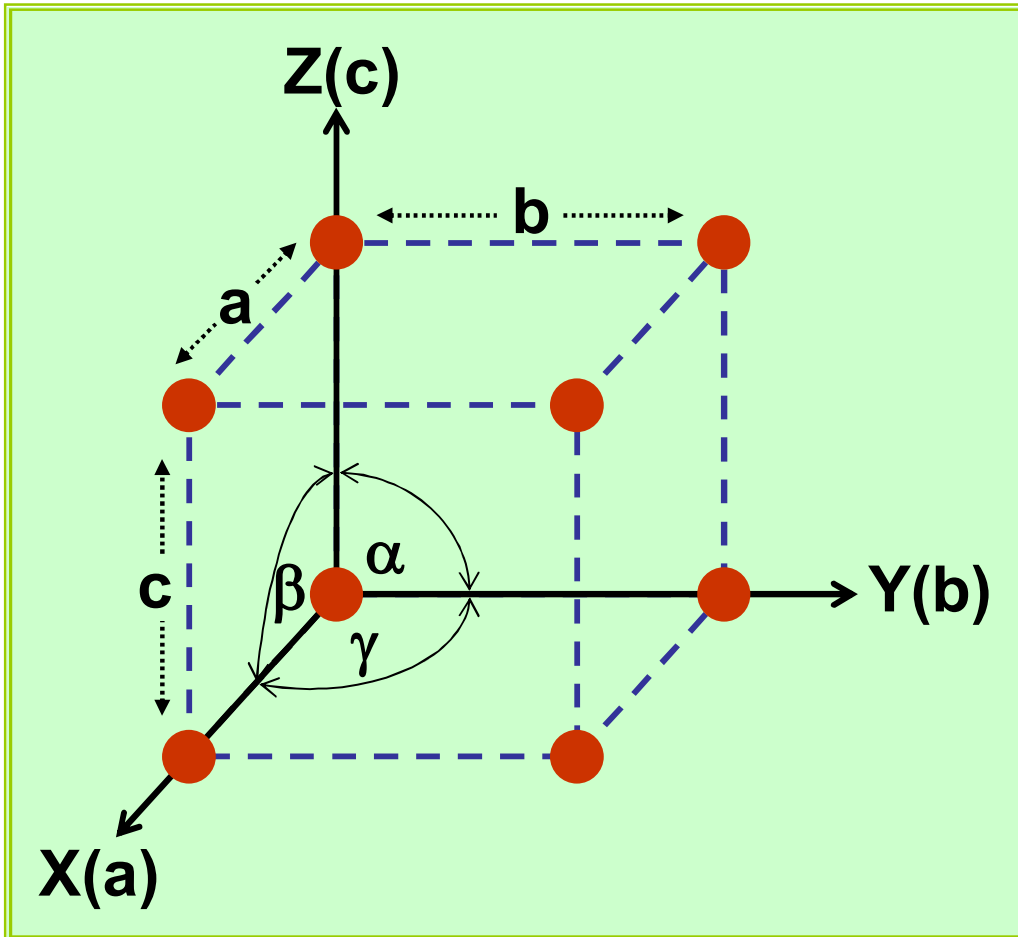


UKŁADY KRYSTALOGRAFICZNE



Najmniejszym elementem sieci przestrzennej jest **KOMÓRKA ELEMENTARNA.**

UKŁADY KRYSTALOGRAFICZNE



Parametry komórki
elementarnej:

a, b, c

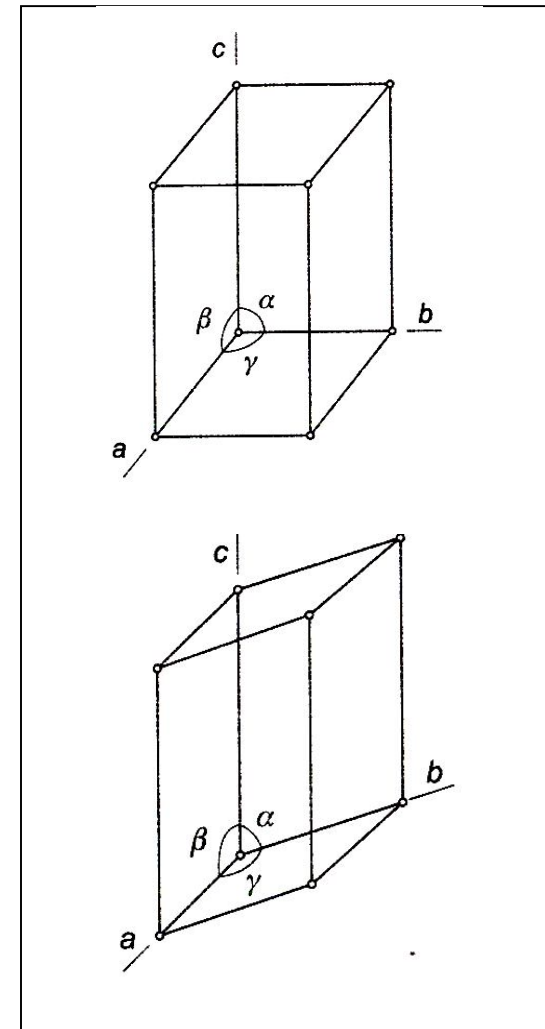
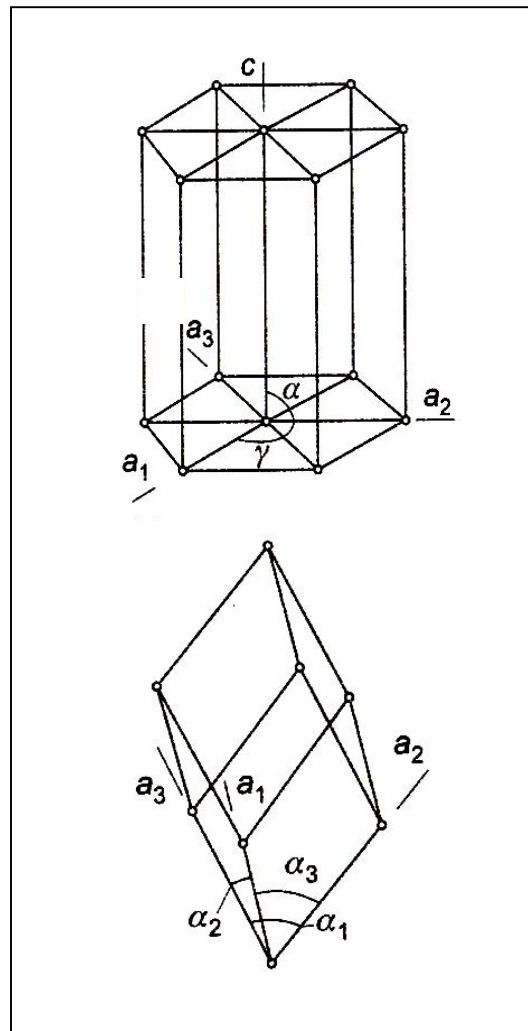
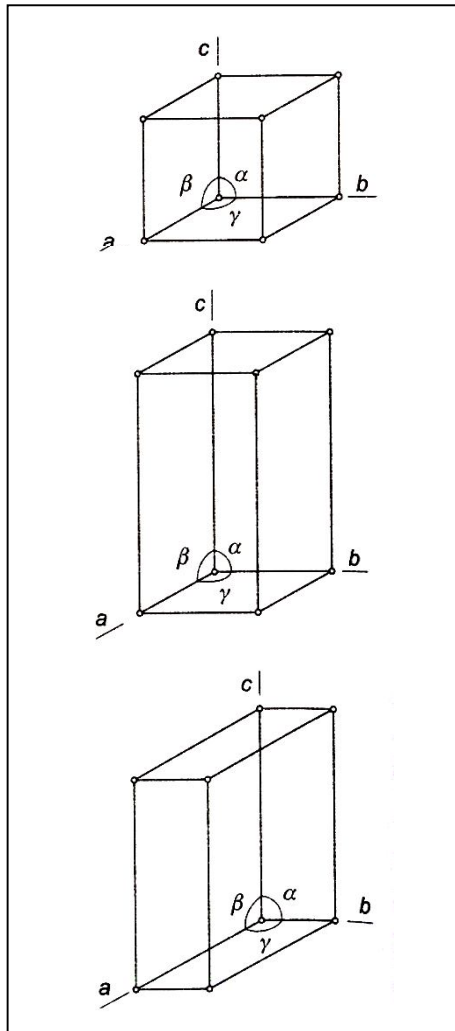
α, β, γ

Kryształy o jednakowym typie komórki elementarnej należą do jednego
UKŁADU KRYSTALOGRAFICZNEGO.

UKŁADY KRYSTALOGRAFICZNE

	KĄTY MIĘDZY OSIAMI	JEDNOSTKI OSIOWE
regularny	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = b = c$
tetragonalny	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = b \neq c$
rombowy	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a \neq b \neq c$
heksagonalny	$\alpha = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$
trygonalny	$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 \neq 90^\circ$	$a_1 = a_2 = a_3$
jednoskośny	$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$	$a \neq b \neq c$
trójskośny	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	$a \neq b \neq c$

UKŁADY KRYSTALOGRAFICZNE



ELEMENTY SYMETRII

oś symetrii

L

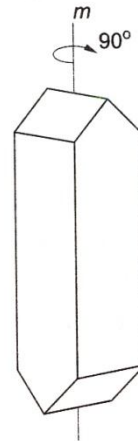
płaszczyzna symetrii

P

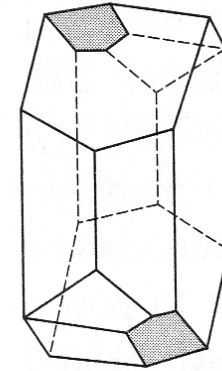
środek symetrii

C

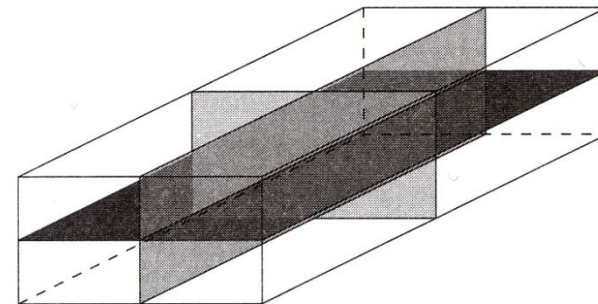
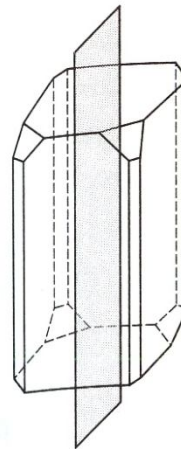
L



C



P



ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

- Przezroczystość
- Rysa
- Barwa
- Połysk
- Twardość
- Łupliwość
- Przełam
- Wykształcenie i pokrój
- Postać skupienia
- Ciężar właściwy
- Cechy szczególne

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

- Przezroczystość



przezroczysty



półprzezroczysty
- przeświecający



nieprzezroczysty

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

- Rysa – barwa sproszkowanego minerału



ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

- Barwa
 - Minerale zabarwione: wykazują barwę (efekt domieszek, wrostków innych minerałów, etc.), ale rysa biała (jasnoszara)
 - Minerale barwne: posiadają, właściwą dla siebie barwę oraz barwną rysę
 - Minerale bezbarwne: brak barwy, rysa biała (jasnoszara)

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

- Połysk – zdolność odbijania światła

metaliczny



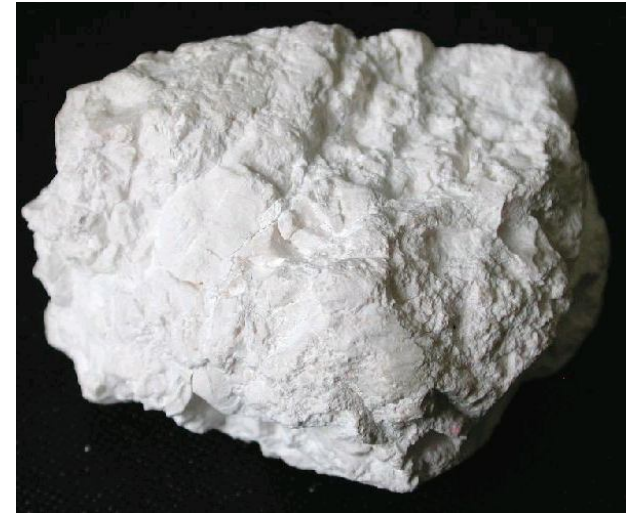
Piryt FeS₂

szklisty



Kwarc SiO₂

matowy



min. ilaste

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

diamentowy



Diament C

tłusty



Kwarc SiO_2

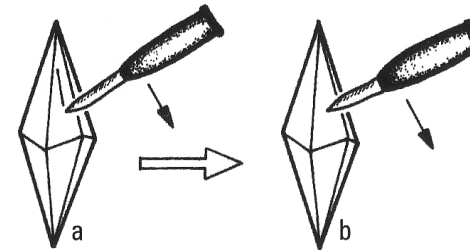
Rzadko spotykane:

jedwabisty

perłowy

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

TWARDOŚĆ – odporność na zarysowania

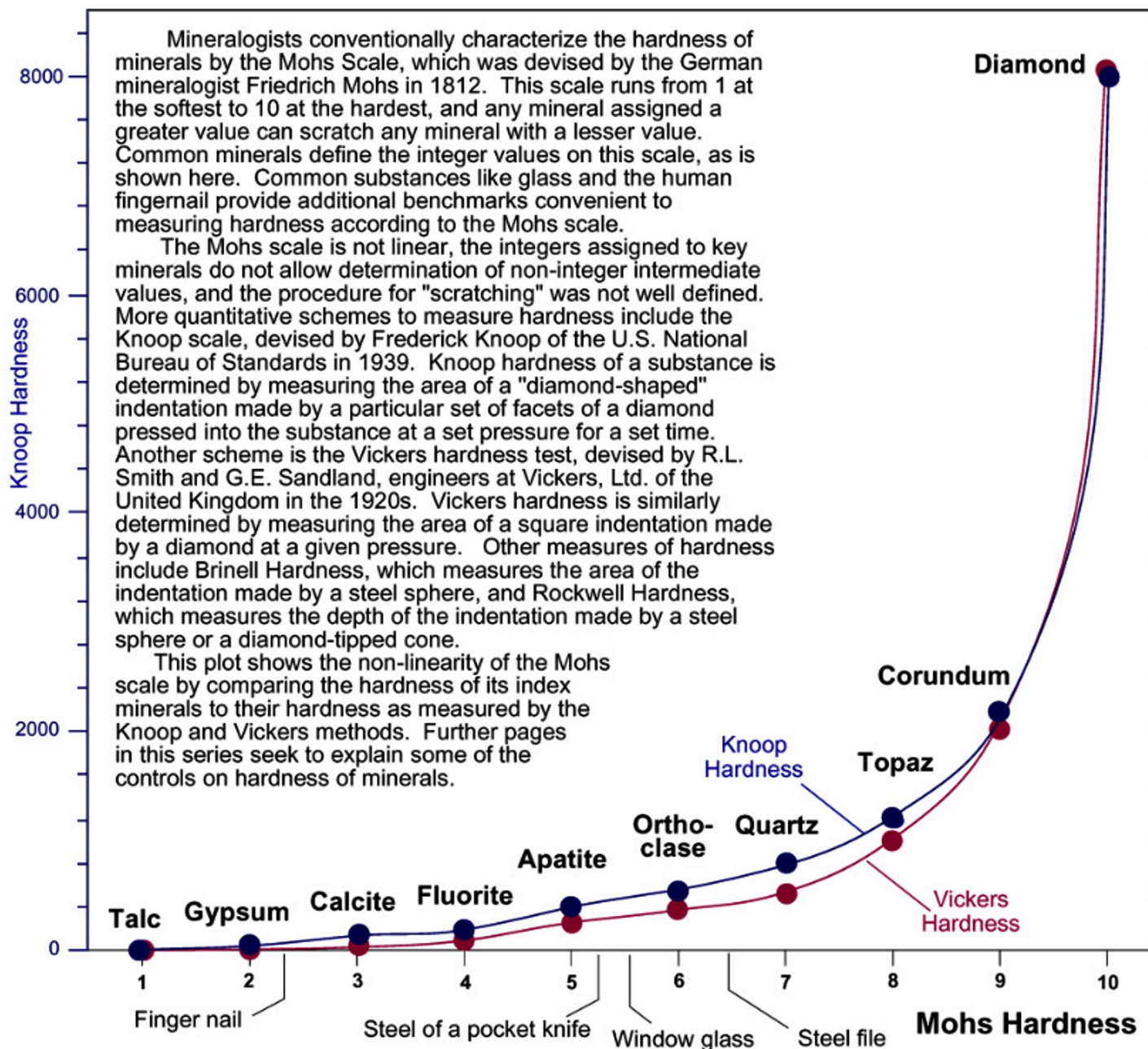


SKALA MOHSA

wzrost twardości

1. TALK	$\text{Mg}_3[(\text{OH})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
2. GIPS	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
3. KALCYT	CaCO_3
4. FLUORYT	CaF_2
5. APATYT	$\text{Ca}_5[(\text{F})/(\text{PO}_4)_3]$
6. ORTOKLAZ	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
7. KWARC	SiO_2
8. TOPAZ	$\text{Al}_2[(\text{F}, \text{OH})_2/\text{SiO}_4]$
9. KORUND	Al_2O_3
10. DIAMENT	C

Hardness of minerals I: the Mohs scale

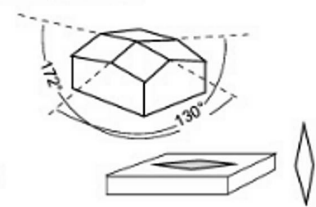


Mineralogists conventionally characterize the hardness of minerals by the Mohs Scale, which was devised by the German mineralogist Friedrich Mohs in 1812. This scale runs from 1 at the softest to 10 at the hardest, and any mineral assigned a greater value can scratch any mineral with a lesser value. Common minerals define the integer values on this scale, as is shown here. Common substances like glass and the human fingernail provide additional benchmarks convenient to measuring hardness according to the Mohs scale.

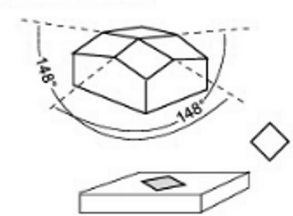
The Mohs scale is not linear, the integers assigned to key minerals do not allow determination of non-integer intermediate values, and the procedure for "scratching" was not well defined. More quantitative schemes to measure hardness include the Knoop scale, devised by Frederick Knoop of the U.S. National Bureau of Standards in 1939. Knoop hardness of a substance is determined by measuring the area of a "diamond-shaped" indentation made by a particular set of facets of a diamond pressed into the substance at a set pressure for a set time. Another scheme is the Vickers hardness test, devised by R.L. Smith and G.E. Sandland, engineers at Vickers, Ltd. of the United Kingdom in the 1920s. Vickers hardness is similarly determined by measuring the area of a square indentation made by a diamond at a given pressure. Other measures of hardness include Brinell Hardness, which measures the area of the indentation made by a steel sphere, and Rockwell Hardness, which measures the depth of the indentation made by a steel sphere or a diamond-tipped cone.

This plot shows the non-linearity of the Mohs scale by comparing the hardness of its index minerals to their hardness as measured by the Knoop and Vickers methods. Further pages in this series seek to explain some of the controls on hardness of minerals.

A Knoop indenter:



A Vickers indenter:



Original literature:
 Mohs Hardness: Mohs, F., 1822, *Grundriß der Mineralogie* (two volumes, 1822 and 1824): Dresden, Arnoldschen Buchhandlung (translated to English by Wilhelm Ritter von Haidinger as *Treatise on Mineralogy* in 1825 and published by Constable & Co. Ltd. of Edinburgh).

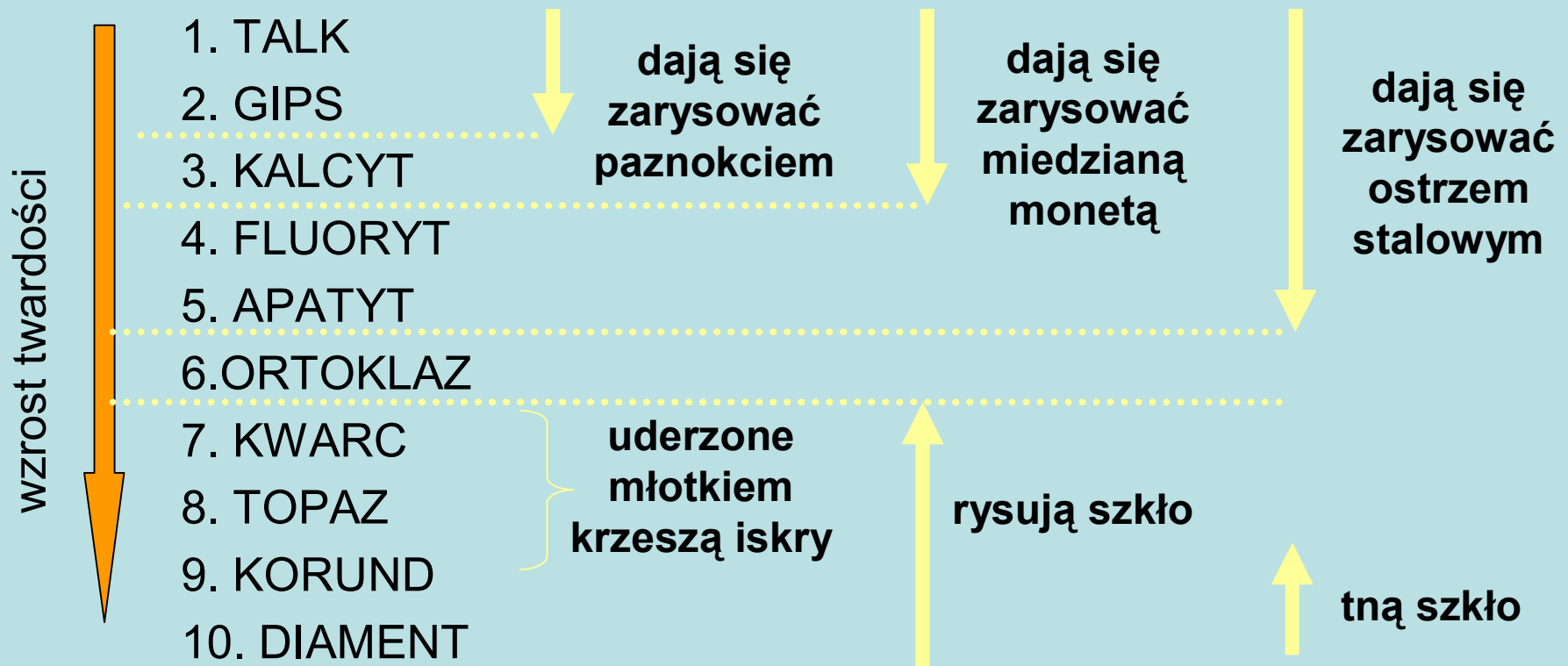
Vickers Hardness: Smith, R.L., and Sandland, G.E., 1925, Some notes on the use of a diamond pyramid for hardness testing: *J. Iron St. Inst.*, v. 111, p. 285-294.

Knoop Hardness: Knoop, F., Peters, C.G., and Emerson, W.B., 1939, A sensitive pyramidal-diamond tool for indentation measurements: *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, v. 23, p. 39-61 (see esp. Table 8).

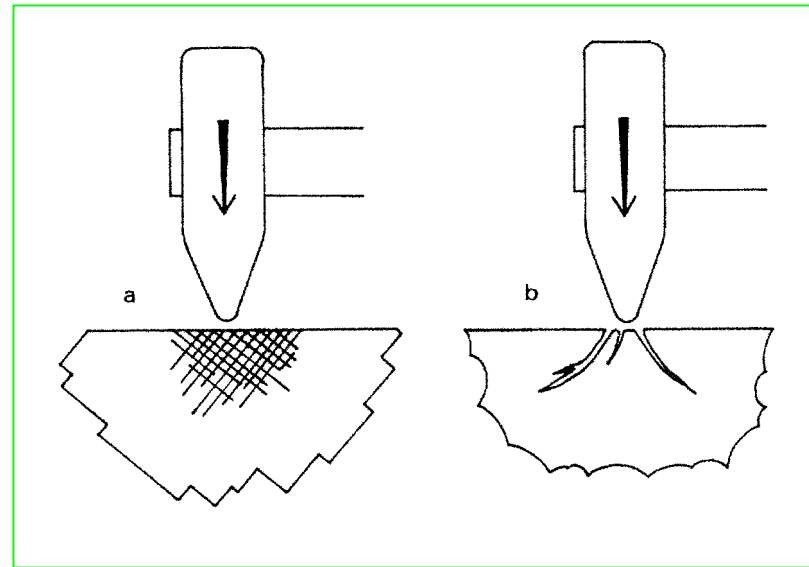
Other sources:
 University of Maryland Center for Advanced Life Cycle Engineering, ~2005, *Material Hardness*: www.calce.umd.edu/general/Facilities/Hardness_ad_.htm#3.6.2.
 Archae Solenhofen, 2003, *Rock properties and their importance to stoneworking, carving, and lapidary working of rocks and minerals by the ancient Egyptians*: www.geocities.com/unforbidden_geology/rock_properties.htm

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

SKALA MOHSA



ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW



ŁUPLIWOŚĆ – zdolność kryształów do dzielenia się wzdłuż gładkich powierzchni (płaszczyzn łupliwości) pod wpływem nacisku lub uderzenia

PRZEŁAM – brak łupliwości – przy rozbiciu kryształów dzieli się wzdłuż przypadkowych, nierównych powierzchni

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

1) ŁUPLIWOŚĆ TRÓJKIERUNKOWA

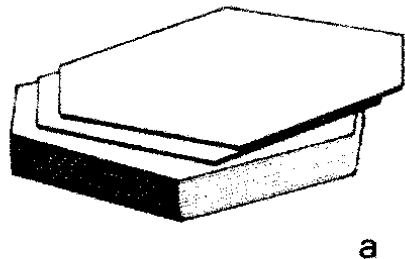
galena, kalcyt, halit

2) ŁUPLIWOŚĆ DWUKIERUNKOWA

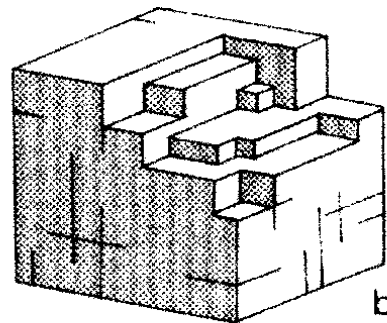
skalenie, amfibole, pirokseny

3) ŁUPLIWOŚĆ JENOKIERUNKOWA

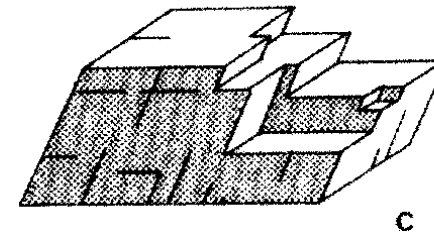
muskowit, biotyt



muskowit



galena



kalcyt

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

- 1) ŁUPLIWOŚĆ DOSKONAŁA
- 2) ŁUPLIWOŚĆ DOKŁADNA
- 3) ŁUPLIWOŚĆ WYRAŻNA
- 4) ŁUPLIWOŚĆ NIEWYRAŻNA

BRAK ŁUPLIWOŚCI = PRZEŁAM

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

ŁUPLIWOŚĆ DOSKONAŁA



ŁUPLIWOŚĆ DOKŁADNA



ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

PRZEŁAM – brak łupliwości – przy rozbiciu kryształów dzieli się wzdłuż przypadkowych, nierównych powierzchni

1) **PRZEŁAM MUSZLOWY**

2) **PRZEŁAM NIERÓWNY**

3) **PRZEŁAM ZIEMISTY**



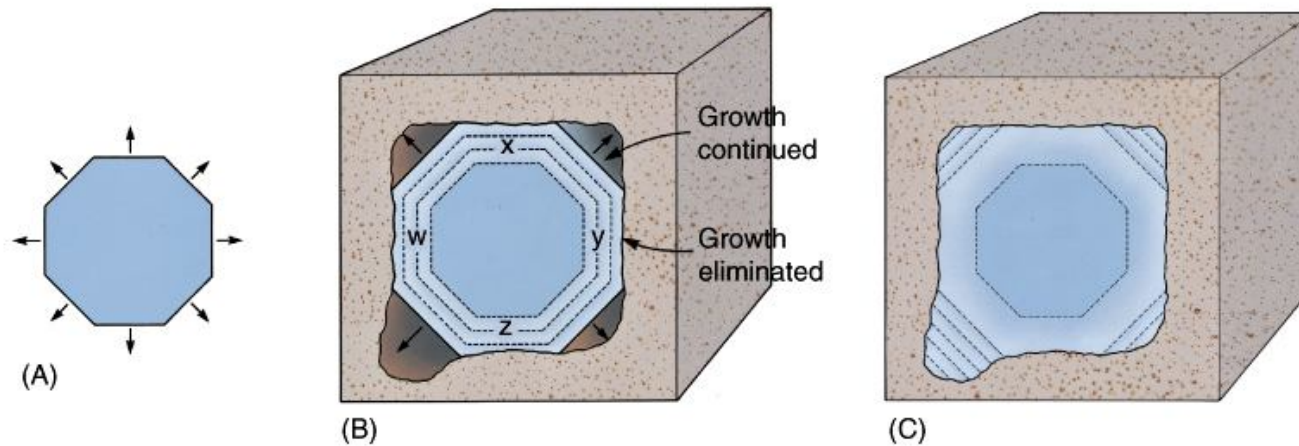
OPAL - PRZEŁAM MUSZLOWY



**CHALCEDON - PRZEŁAM
NIERÓWNY**

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

WYKSZTAŁCENIE – stopień w jakim minerał utworzył własny kryształ



AUTOMORFICZNE (EUHEDRALNE) – własnopostaciowe, ograniczone prawidłowymi ściankami

SUBAUTOMORFICZNE (SUBHEDRALNE) - niemal własnopostaciowe, częściowo ograniczone prawidłowymi ściankami

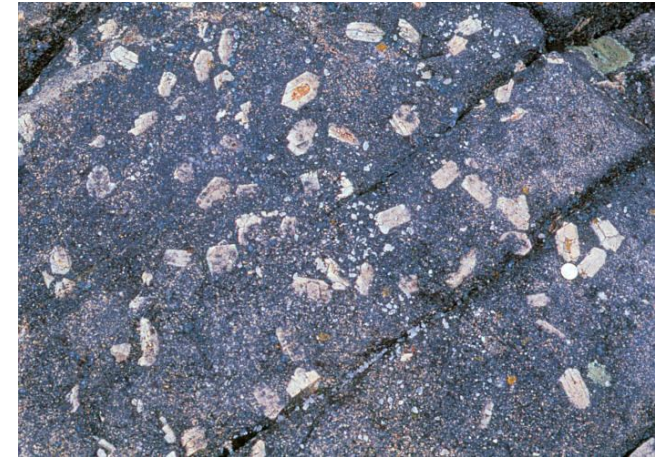
KSENOMORFICZNE (ANHEDRALNE) - nie wykazują ścianek kryształów

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

WYKSZTAŁCENIE – stopień w jakim minerał utworzył własny kryształ



kxenomorficzne



subautomorficzne

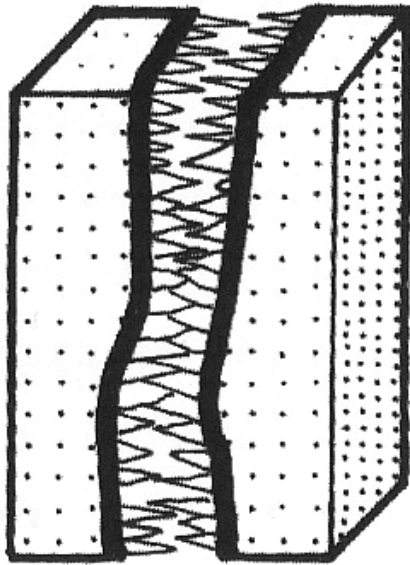


automorficzne

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

Formy wypełnienia pustych przestrzeni w skale przez minerały

SEKRECJE



SZCZELINA SKALNA



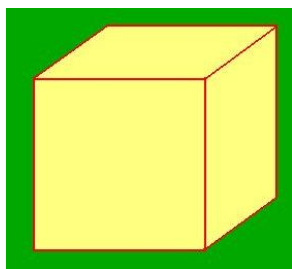
GEODA



DRUZA

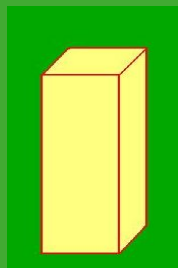
ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

POKRÓJ – ogólny kształt kryształu



izometryczny

wydłużony



SŁUPKOWY
(krótko-,
długosłupowy)



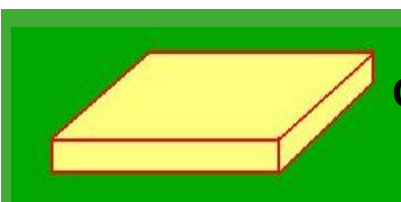
PRĘCIKOWY



IGIEŁKOWY



WŁÓKNISTY



GRUBOTABLICZKOWY
→ TABLICZKOWY
→ PŁYTKOWY



BLASZKOWY

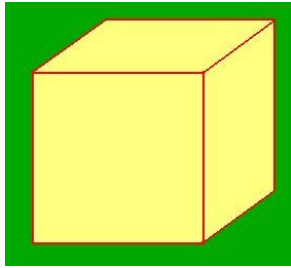


ŁUSECZKOWY

spłaszczony

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

POKRÓJ – ogólny kształt kryształu



izometryczny



magnetyt



piryt

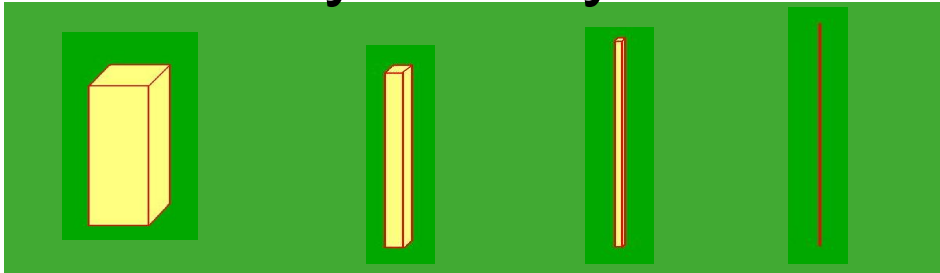


granat

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

POKRÓJ – ogólny kształt kryształu

wydłużony



serpenty



amfibole

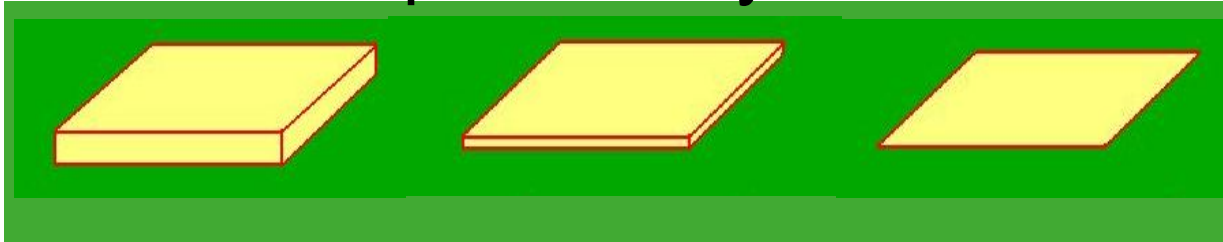


kwarc

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

POKRÓJ – ogólny kształt kryształu

spłaszczony



muskowit



baryt



talk

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

POSTAĆ SKUPIENIA – ogólny wygląd zbiorowiska kryształów tego samego minerału



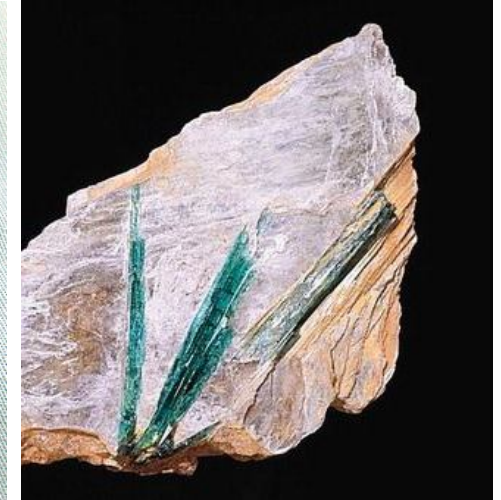
ZIARNISTE



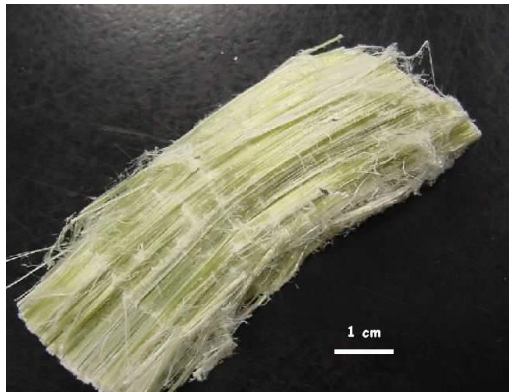
SŁUPKOWE



PRĘCIKOWE



IGIEŁKOWE



WŁÓKNISTE



TABLICZKOWE



BLASZKOWE



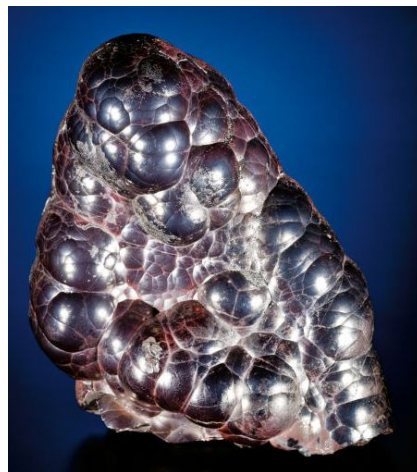
ŁUSECZKOWE

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

POSTAĆ SKUPIENIA – ogólny wygląd zbiorowiska kryształów tego samego minerału



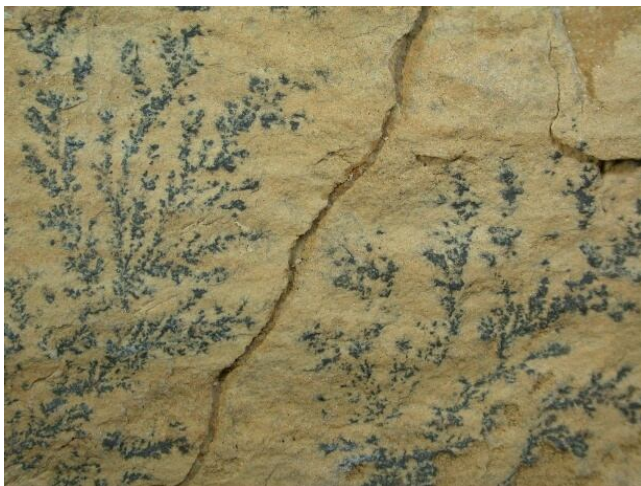
NACIEKOWE



NERKOWE, GRONIASTE



NALOT, NASKORUPIENIE



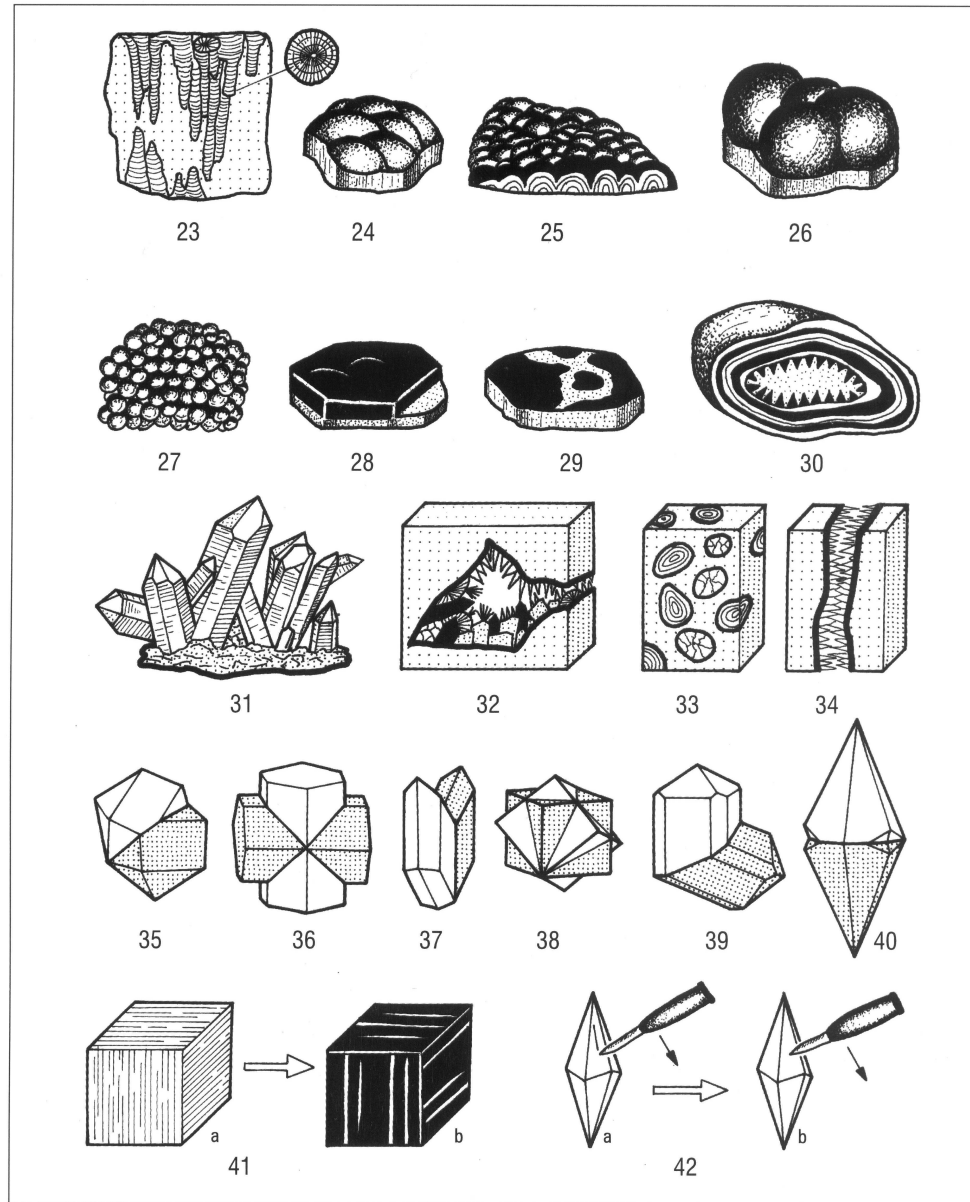
DENDRYT
związki Mn i Fe



SZCZOTKA
KRYSTALICZNA



Skupienia mineralne: 1 – ziarniste kwarcu (kwarcyt), 2 – słupkowe turmalinu, 3 – pręcikowe epidotu, 4 – igielkowe turmalinu, 5 – włókniste azbestu chryzotyłowego, 6 – tabliczkowe barytu w ułożeniu rozetowym, 7 – blaszkowe muskowitu, 8 – łusczkowe serycytu, 9 – promieniste turmalinu (tzw. słońca turmalinowe), 10 – promieniste pirytu (tzw. piryt pieniężny), 11 – wachlarzowate wawellitu, 12 – pilśniowe sepiolitu (tzw. wełna góraska), 13 – snopkowe stilbitu, 14 – siatkowe saenitu, 15 – pierzaste wollastonitu, 16 – rozetowe gipsu (tzw. róża pustyni), 17 – sferolityczne stilbitu, 18 – ooidy aragonitu, 19 – kongrecja syderytowa ze szczotką kryształów kalcytu, 20 – kongrecja kalcytowa (tzw. kukielka lessowa), 21 – dendryty srebra rodzimego, 22 – dendryty związków manganu (psylomelan) i żelaza (limonit)



23 – naciekowe (stalaktyt, stalagmit) goethytu, 24 – nerkowate malachitu, 25 – groniaste psyłomelanu, 26 – kuliste markasytu, 27 – kuliste (oolitowe) aragonitu, 28 – skorupowe (naskorupienie) goethytu, 29 – nalot sfalerytu, 30 – geoda ametystowa otoczona agatem, 31 – szczotka kryształów kwarcu, 32 – druzo kryształów skaleni, 33 – migdały agatów i kwarcu, 34 – sekrecje kalcytu w szczelinie skalnej, 35 – bliźniaki kolankowe kasyterytu, 36 – bliźniaki (krzyżowe) staurolitu, 37 – bliźniaki gipsu (tzw. jaskółczy ogon), 38 – bliźniaki fluorytu, 39 – bliźniak (kolankowy) rutyłu, 40 – bliźniaki kalcytu, 41 – pseudomorfoza goethytu (b) po piryście (a), 42 – pseudomorfoza kwarcu (b) po kalcyście (a) – kryształ kwarcu (o postaci typowej dla kalcytu) nie daje się zarysować nożem, natomiast kryształ kalcytu można zarysować z łatwością

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

✓ CIĘŻAR WŁAŚCIWY [g/cm³]

lód: 0.92

woda: 1.00

halit: 2.18

kwarc: 2.65

baryt: 4,5

galena 7,5

Au do 19,3

Pt do 21,4



złoto: 16-19.3 g/cm³

< 3 g/cm³ – większość minerałów

> 3 g/cm³ – tzw. minerały ciężkie (galena, baryt)

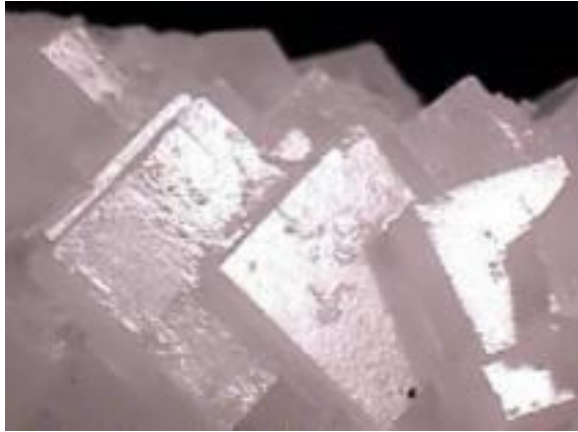
ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

Inne cechy, np:

- ✓ smak
- ✓ zapach
- ✓ własności magnetyczne
- ✓ reakcja z HCl
- ✓ efekty barwne (iryzacja)
- ✓ itp

ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

- ✓ **SMAK** np. słony (halit), gorzki sylwin (KCl), karnalit ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)



- ✓ **ZAPACH** – krzemionka po uderzeniu młotkiem



ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

- ✓ **WŁASNOŚCI MAGNETYCZNE** – magnetyt, pirotyt



- ✓ **REAKCJA Z HCl** – kalcyt

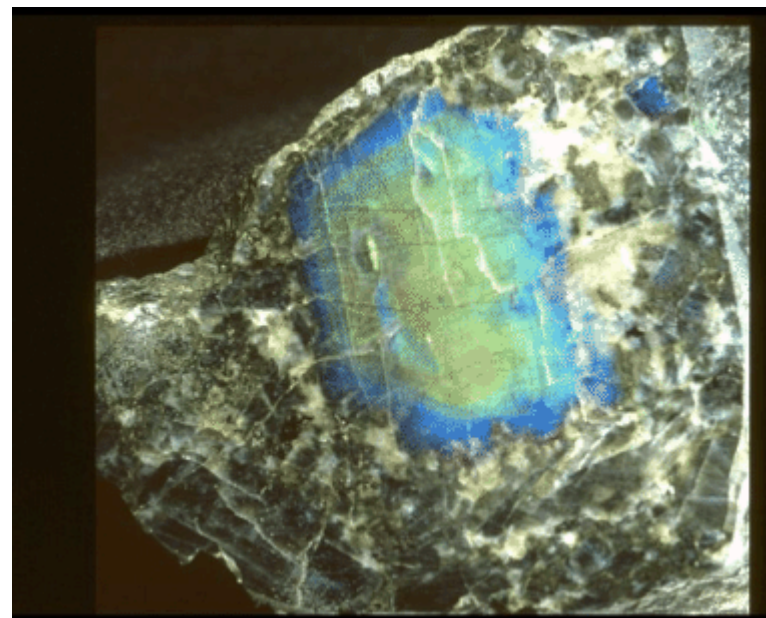


ROZPOZNAWANIE MINERAŁÓW

✓ **DWÓJŁOMNOŚĆ** – kalcyt



✓ **IRYZACJA (LABRADORYZACJA)** – labrador



✓ **OPALIZACJA** – opal szlachetny

skała – zespół minerałów bądź wielu osobników jednego minerału, powstały w sposób naturalny

ze względu na genezę wyróżniamy:
s. magmowe, osadowe i metamorficzne

Udział minerałów w skale

min. główne – przeważają ilościowo i decydują o typie skały.

min. poboczne – powszechnie występują w prawie we wszystkich typach skał ale w małej ilości, nie służą do klasyfikacji skały.

min. akcesoryczne (dodatkowe) – pojawiają się tylko w niektórych typach skał zazwyczaj w niewielkich ilościach. Lokalnie mogą tworzyć większe nagromadzenia i wówczas uwzględnia się ich obecność w nazwie skały.

MINERAŁY SKAŁ OTWÓRCZE –

SKAŁY MAGMOWE

KWARC SiO₂

✓ **GRUPA W KLASYFIKACJI CHEMICZNEJ**

krzemiany i glinokrzemiany (minerały krzemionki)

✓ **NAJWAŻNIEJSZE ODMIANY POLIMORFICZNE**

kwarc α (> 573 °C) wysokotemperaturowy

kwarc β (< 573 °C) niskotemperaturowy

✓ **BARWA**

bezbarwny, różnie zabarwiony

✓ **RYSA**

biała

✓ **PRZEROCZYŚTOŚĆ:**

przezroczysty, przeświecający

✓ **POKRÓJ**

kwarc α - krótkosłupowy, izometryczny, nieregularny

kwarc β - długosłupowy

✓ **POŁYSK**

na ścianach słupa szklisty, na pow. przełamu tłusty

✓ **TWARDOŚĆ**

7

✓ **ŁUPLIWOŚĆ**

brak

✓ **PRZEŁAM**

muszlowy

✓ **INNE**

poprzeczne prążkowanie na ścianach słupa

KWARC SiO_2

kryształ górski

kwarc mleczny

kwarc dymny

morion

ametyst

cytryn

prasiolit

kwarc różowy

KWARC SiO_2



kryształ górski



ametyst



kwarc
dymny

SKALENIE

✓ GRUPA W KLASYFIKACJI CHEMICZNEJ

krzemiany i glinokrzemiany

✓ NAJWAŻNIEJSZE ODMIANY

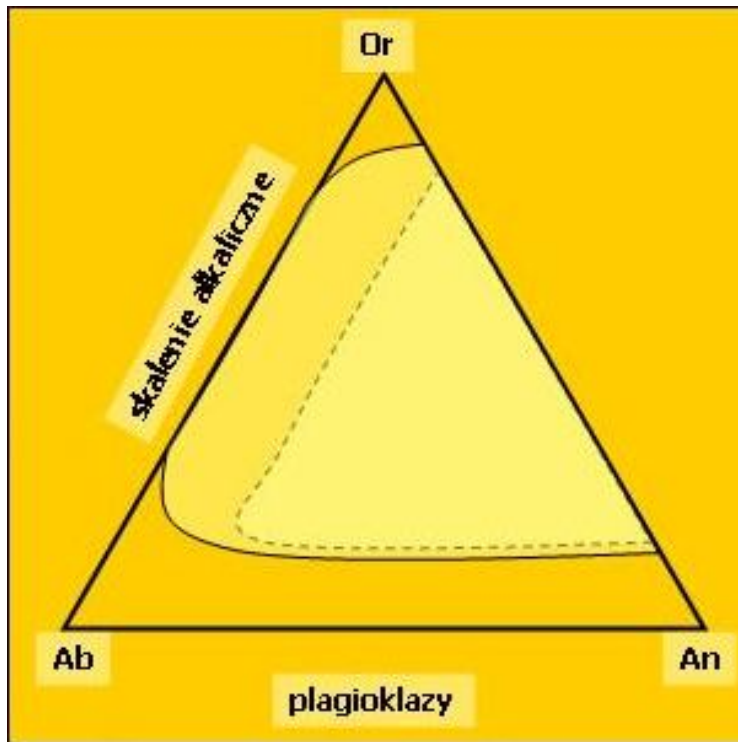
ortoklaz (Or)



albit (Ab)



anortyt (An)



PLAGIOKLAZY (Na-Ca) – ciągły szereg mieszanin izomorficznych
SKALENIE ALKALICZNE (K-Na) – nieciągły szereg

SKALENIE POTASOWE $K[AlSi_3O_8]$

✓ GRUPA W KLASYFIKACJI CHEMICZNEJ

krzemiany i glinokrzemiany

✓ NAJWAŻNIEJSZE ODMIANY POLIMORFICZNE

ortoklaz (Or)

mikroklin

sanidyn

✓ BARWA

bezbarwny, biały, różowy, czerwony, brązowy, *seledynowy, zielony (amazonit), kamień księżycowy*

✓ RYSA

biała

✓ PRZEROCZYŚCIE:

przeświecający, nieprzezroczysty

✓ POKRÓJ

grubotabliczkowy

✓ POŁYSK

szklisty, perłowy

✓ TWARDOŚĆ

6

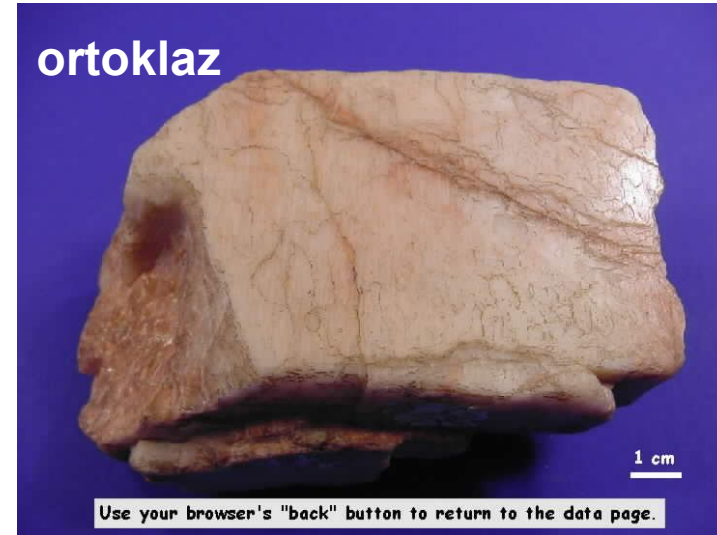
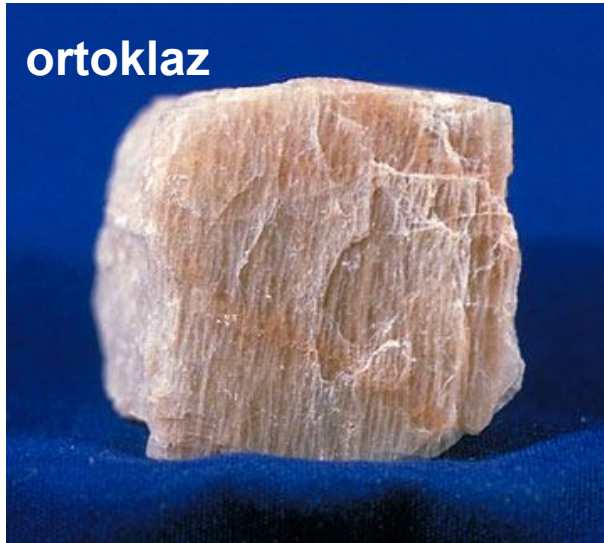
✓ ŁUPLIWOŚĆ

dwukierunkowa pod kątem 90°

✓ PRZEŁAM

muszlowy, ziarnisty

SKALENIE POTASOWE $K[AlSi_3O_8]$



SKALENIE POTASOWE $K[AlSi_3O_8]$



PLAGIOKLAZY

✓ **GRUPA W KLASYFIKACJI CHEMICZNEJ**

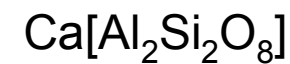
krzemiany i glinokrzemiany

✓ **SKRAJNE CZŁONY SZEREGU IZOMORFICZNEGO**

albit (plagioklaz Na)



anortyt (plagioklaz Ca)



✓ **BARWA**

bezbarwny, biały, zielonkawy

✓ **RYSA**

biała

✓ **PRZEROCZYŚTOŚĆ:**

przeświecający, nieprzezroczysty

✓ **POKRÓJ**

grubotabliczkowy

✓ **POŁYSK**

szklisty, perłowy

✓ **TWARDOŚĆ**

6

✓ **ŁUPLIWOŚĆ**

dwukierunkowa pod kątem 90°

✓ **PRZEŁAM**

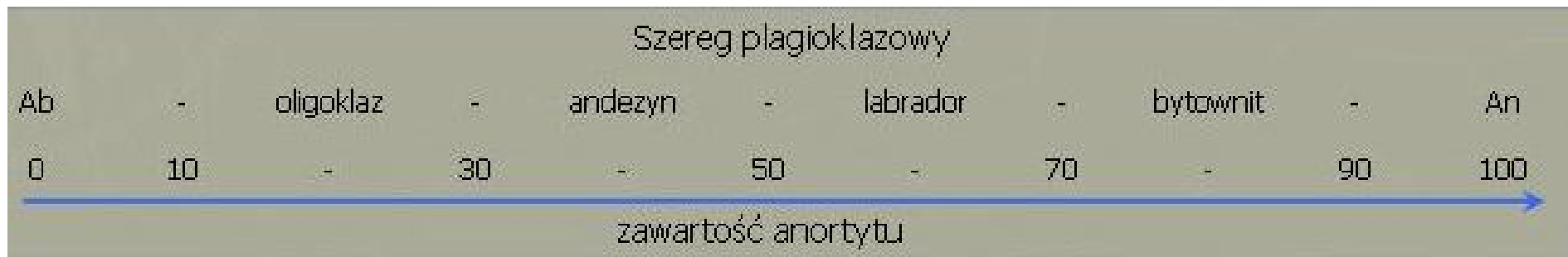
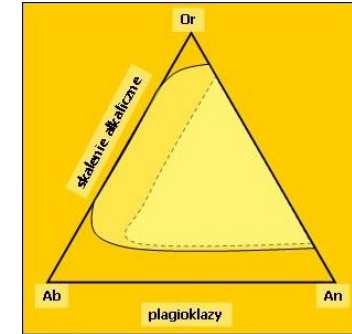
ziarnisty, zbity

Skalenie – skalenie sodowo-wapniowe = plagioklazy $(\text{Na,Ca})[\text{Al}(\text{Al,Si})\text{Si}_2\text{O}_8]$

Albit
Oligoklaz
Andezyn
Labrador
Bytownit
Anortyt



szereg izomorficzny



PLAGIOKLAZY

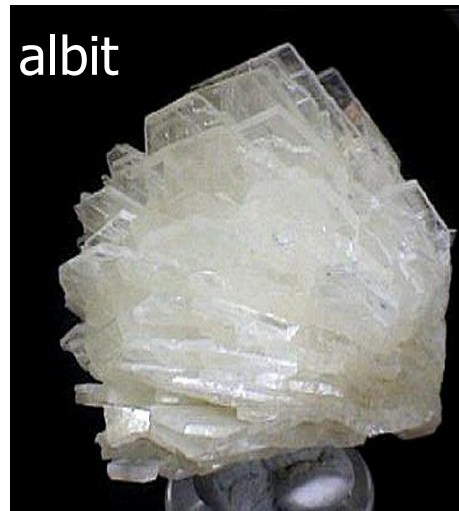
plagioklaz



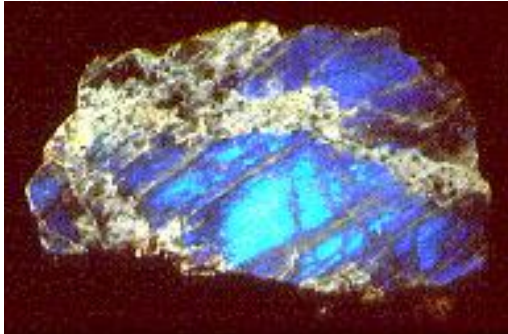
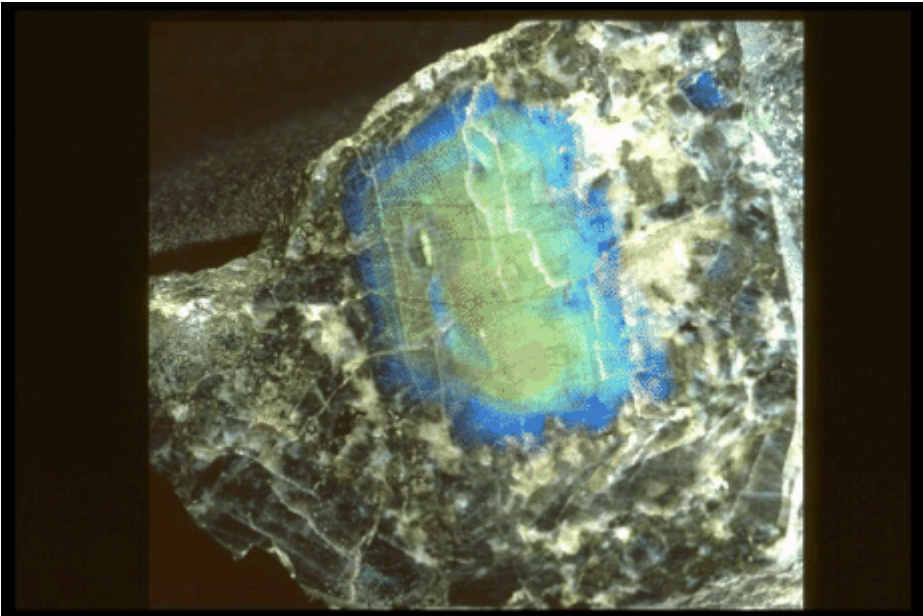
plagioklaz



albit



Labrador



ŁYSZCZYKI (MIKI)

✓ **GRUPA W KLASYFIKACJI CHEMICZNEJ**

krzemiany i glinokrzemiany

✓ **NAJWAŻNIEJSZE ODMIANY**

muskowit (jasny) glinokrzemian K, Al zaw. grupę OH

biotyt (ciemny) glinokrzemian K, Mg, Fe zaw. grupę OH

✓ **BARWA**

srebrzystobiała, żółtawa (muskowit)

czarna, brunatnawa, zielonkawa (biotyt)

✓ **PRZEROCZYSTOŚĆ:** przezroczysty, przeświecający

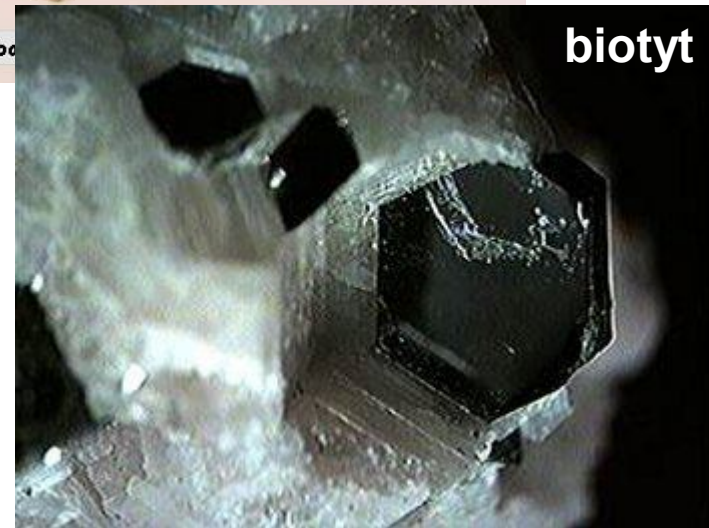
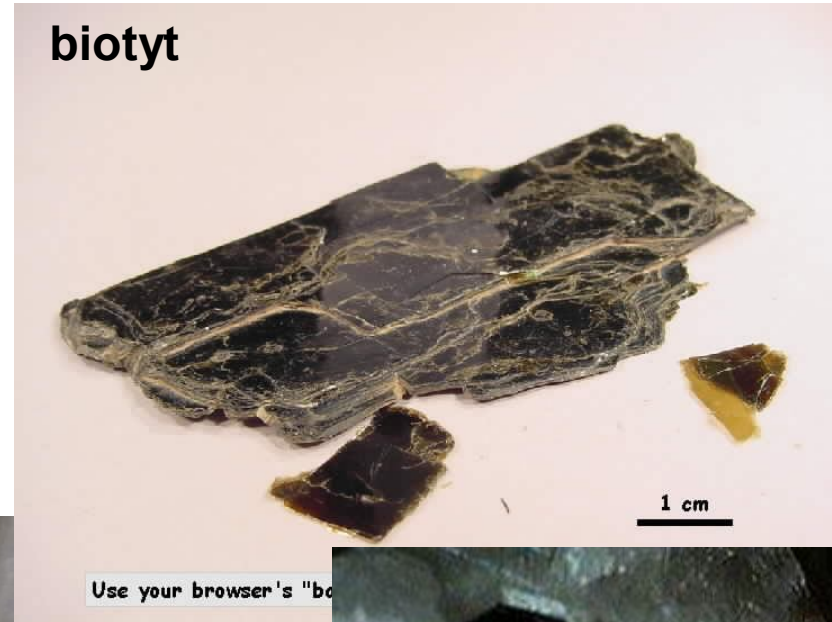
✓ **POKRÓJ** płytkowy, blaszkowy, łuskowy

✓ **POŁYSK** szklisty, perłowy

✓ **TWARDOŚĆ** 2 – 3

✓ **ŁUPLIWOŚĆ** jednokierunkowa doskonała

ŁYSZCZYKI (MIKI)



AMFIBOLE

krzemiany i glinokrzemiany

glinokrzemiany Ca, Na, K, Mg, Fe i Al zaw. grupę OH (hbl)

✓ GRUPA W KLASYFIKACJI CHEMICZNEJ

krzemiany i glinokrzemiany

✓ PRZYKŁADY

hornblenda

✓ BARWA

czarna, zielonkawa

✓ RYSA

brunatna, zielona

✓ PRZEROCZYSTOŚĆ:

przeświecający

✓ POKRÓJ

słupowy, długosłupowy

✓ POŁYSK

szklisty, zwyczajny

✓ TWARDOŚĆ

5 – 6

✓ ŁUPLIWOŚĆ

doskonała dwukierunkowa, równoległa do ścian słuca



AMFIBOLE

uwodnione krzemiany i glinokrzemiany Na, Ca, Mg i Fe

hornblenda



Photo: Tarbuck and Lutgens

hornblenda w skale



PIROKSENY

krzemiany i glinokrzemiany
krzemiany Ca, Mg i Fe (augit)

✓ GRUPA W KLASYFIKACJI CHEMICZNEJ

krzemiany i glinokrzemiany

✓ PRZYKŁADY

augit

✓ BARWA

czarna z zielonkawym odcieniem, brunatna

✓ RYSA

szarozielona

✓ PRZEROCZYŚTOŚĆ:

przeświecający

✓ POKRÓJ

słupowy, krótkosłupowy

✓ POŁYSK

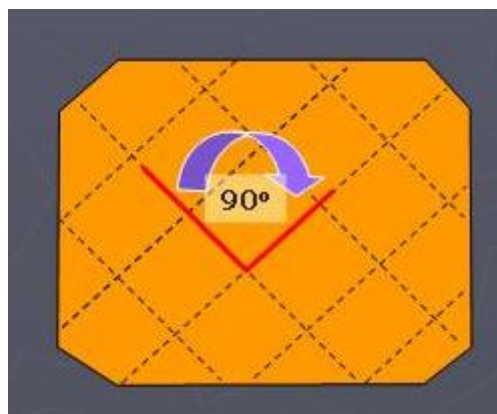
szklisty, zwyczajny

✓ TWARDOŚĆ

5,5 – 7

✓ ŁUPLIWOŚĆ

doskonała dwukierunkowa, równoległa do ścian słupa



PIROKSENY

krzemiany i glinokrzemiany Na, Ca, Mg i Fe



OLIWINY

krzemiany Mg i Fe

✓ **GRUPA W KLASYFIKACJI CHEMICZNEJ**

krzemiany i glinokrzemiany

✓ **SKRAJNE CZŁONY SZEREGU IZOMORFICZNEGO**

forsteryt $Mg_2[SiO_4]$

fajalit $Fe_2[SiO_4]$

✓ **BARWA**

oliwkowozielona

✓ **RYSA**

biała

✓ **PRZEROCZYŚTOŚĆ:**

przezroczysty, przeświecający

✓ **POKRÓJ**

izometryczny, grubotabliczkowy, krótkosłupowy

✓ **POŁYSK**

szklisty, tłusty

✓ **TWARDOŚĆ**

6,5 – 7

✓ **ŁUPLIWOŚĆ**

słaba, niedostrzegalna makroskopowo

✓ **PRZEŁAM**

muszlowy

OLIWINY

krzemiany Mg i Fe



*MINERAŁY POBOCZNE I
AKCESORYCZNE*

GRANATY: izometryczne o różnych barwach

Granaty $A_3^{2+}B_2^{3+}[SiO_4]_3$

A=Fe²⁺, Mg, Mn, Ca B= Al, Fe³⁺, Cr³⁺, V³⁺, Ti³⁺, Zr

	Barwa/zabarwienie	okrój	twardość	łupliwość	przełam	rysa	Cechy szczególne
granaty	Czerwony, czarny, brunatny, żółtawy zielony	izometryczny	6,5-7,5	niewyraźna	muszlowy		



hessonit



grossular



andradyt



pirop

TURMALINY: długie, czarne, prążkowane słupki

Turmalin $XY_9(OH,F)_4[B_3Si_6O_{27}]$

Barwa/zabarwienie

pokrój

twardość

łupliwość

przełam

rysa

Cechy
szczególne

turmalin

czarny, brunatny,
żółty, zielony,
niebieski,
czerwony,
bezbarwny

długosłupowy

7

brak

prążkowanie



APATYT: słupki, często zielonkawe

MAGNETYT: układ regularny, magnetyczny

HEMATYT: brunatnoczerwona rysa

PIRYT: FeS_2 pokrój kostkowy, rysa czarna

MARKASYT: FeS_2 , wydłużony, rysa czarna

GALENA: ołowianoszara, rysa czarna, tw. 2,5, ciężar właściwy $\sim 7,5 \text{ g/cm}^3$

FLUORYT: izometryczny, przezroczysty, tw. 4

KALCYT: CaCO_3 „burzy” z HCl

BARYT: ciężar właściwy $4,5 \text{ g/cm}^3$

CHALCEDON: skrytokrystaliczna krzemionka SiO_2

OPAL: bezpostaciowa krzemionka $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

CHALCEDON: skrytokrystaliczna krzemionka SiO_2

agat, jaspis, sard, karneol, chryzopraz, praz, onyks,
heliotrop

OPAL: bezpostaciowa krzemionka $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

opal mleczny, opal szlachetny, chryzoopal, prazoopal,
hialit

KRYSTALIZACJA MAGMY

- Magma – gorący stop powstały w sposób naturalny w wyniku przetopienia skał skorupy lub górnego płaszczka. Składa się ze zmiennych proporcji:
 - fazy stałej - kryształy,
 - ciekłej - stop,
 - gazowej – H_2O (para wodna), N, O, CO_2 , CO, SO_2 , H_2S , H_2 , HCl, SO_4 , NH_3
- Lawa – magma zastygła na powierzchni Ziemi

Magmy można podzielić:

- Ze względu na zawartość SiO₂:

(1) **kwaśne:**

> 65 % SiO₂

(2) **obojętne**

65 – 53 % SiO₂

(3) **zasadowe**

53 – 40 % SiO₂

(4) **ultrazasadowe**

< 45 – 40 % SiO₂

PLUTONIZM – ogół procesów prowadzących do powstawania magmy oraz głębinowych skał magmowych.

INTRUZJA MAGMOWA

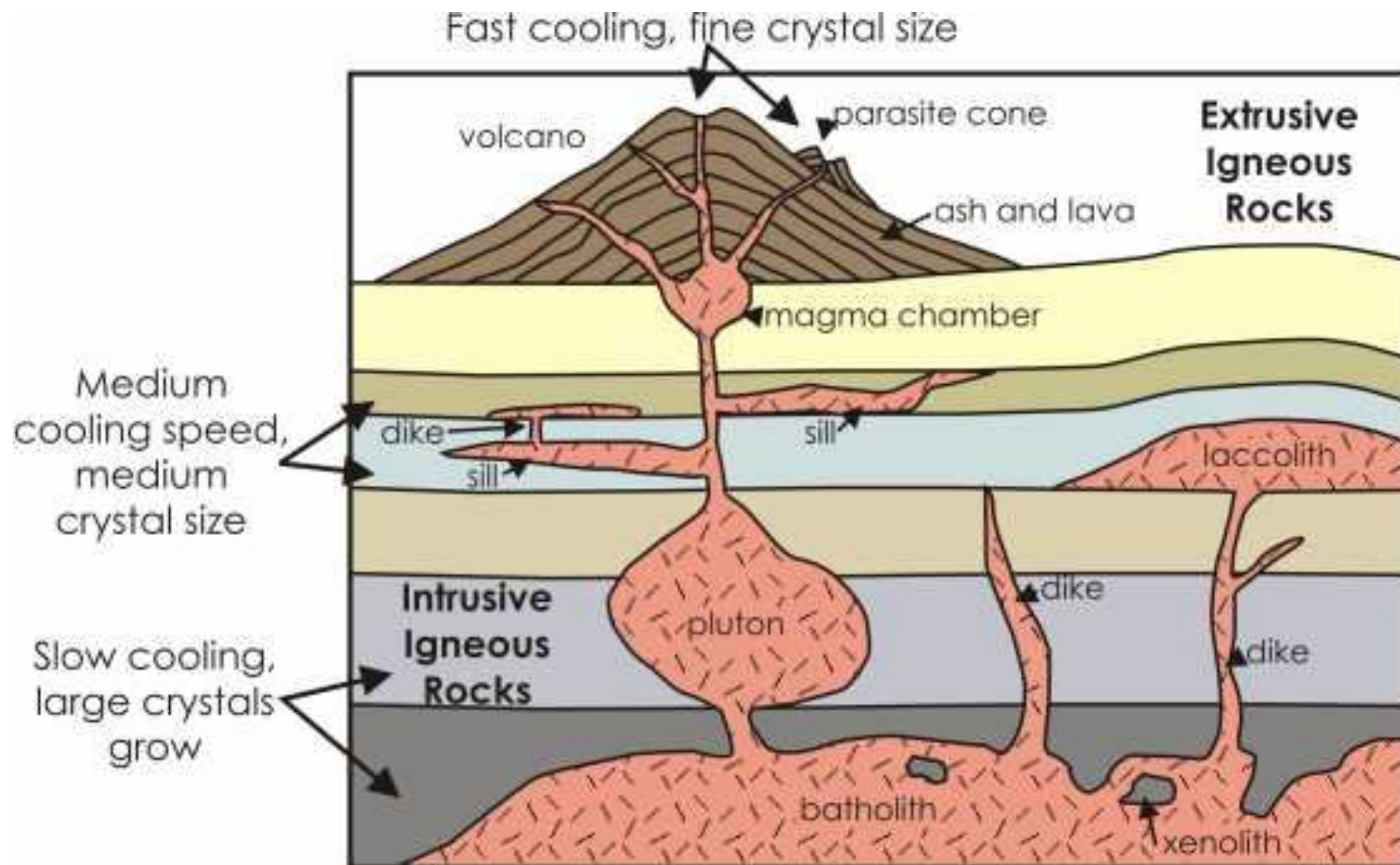
- (1) proces wdarcia się magmy w starsze, już istniejące skały skorupy ziemskiej;
- (2) ciało magmowe powstałe na skutek intruzji, zbudowane z głębinowych skał magmowych.

ŻYŁA MAGMOWA – niewielka intruzja magmowa, odznaczająca się zazwyczaj formą płytową o miąższości od milimetrów do kilkudziesięciu metrów. Ze względu na stosunek do skał otaczających w. dajki i sille.

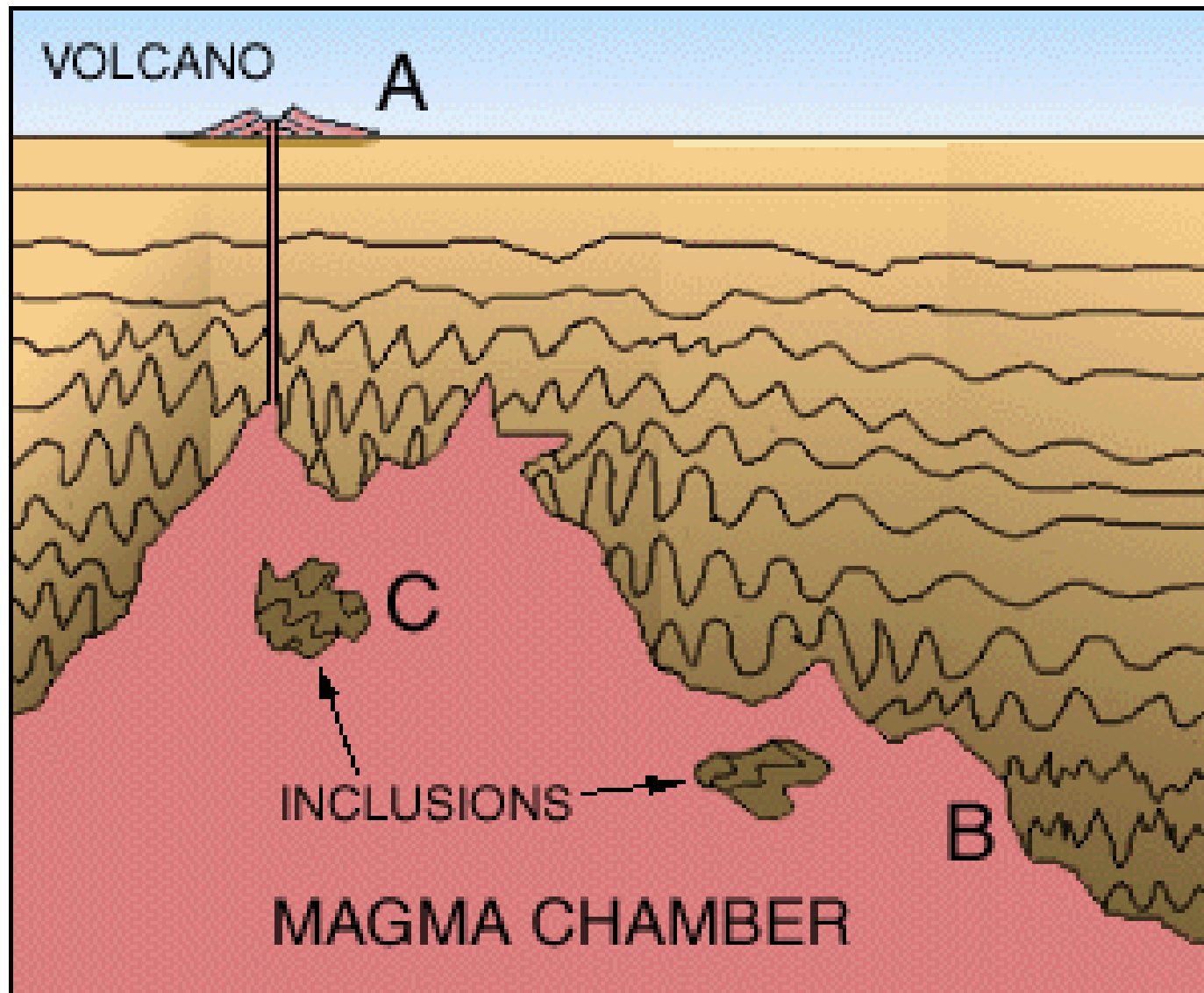
Ze względu na stosunek przestrzenny do otaczających skał:

(1) intruzja niezgodna (batolit, dajka)

(2) intruzja zgodna (lakkolit, sill)



KSENOLIT







ERUPCJA –

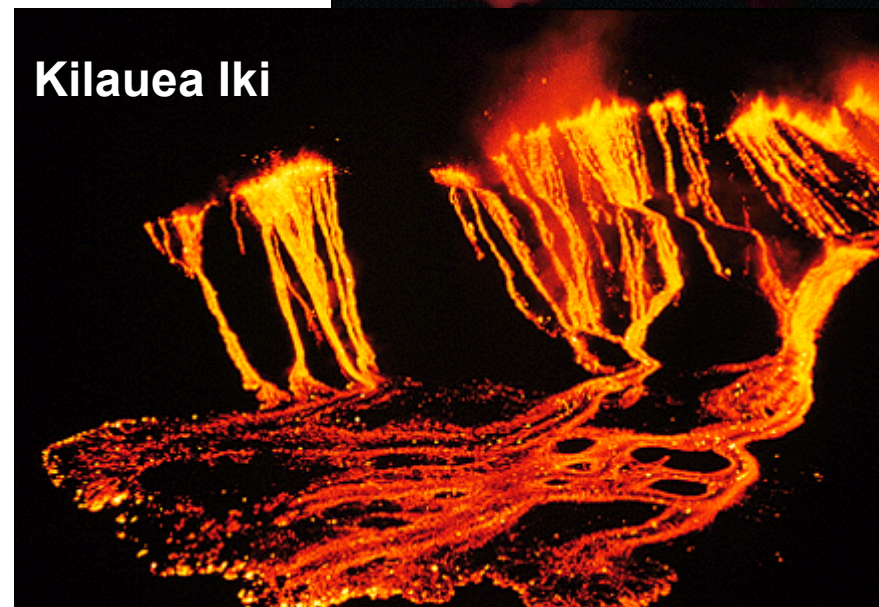
wydobywanie się z wulkanu na powierzchnię Ziemi lub do atmosfery materiału wulkanicznego

Erupcja eksplozywna –

wydobywają się materiały piroklastyczne i produkty lotne, ma to zazwyczaj gwałtowny charakter

Efuzja (erupcja wylewna) –

Wylew lawy o małej lepkości (zasadowej), prowadzący do powstania pokryw i potoków lawowych.

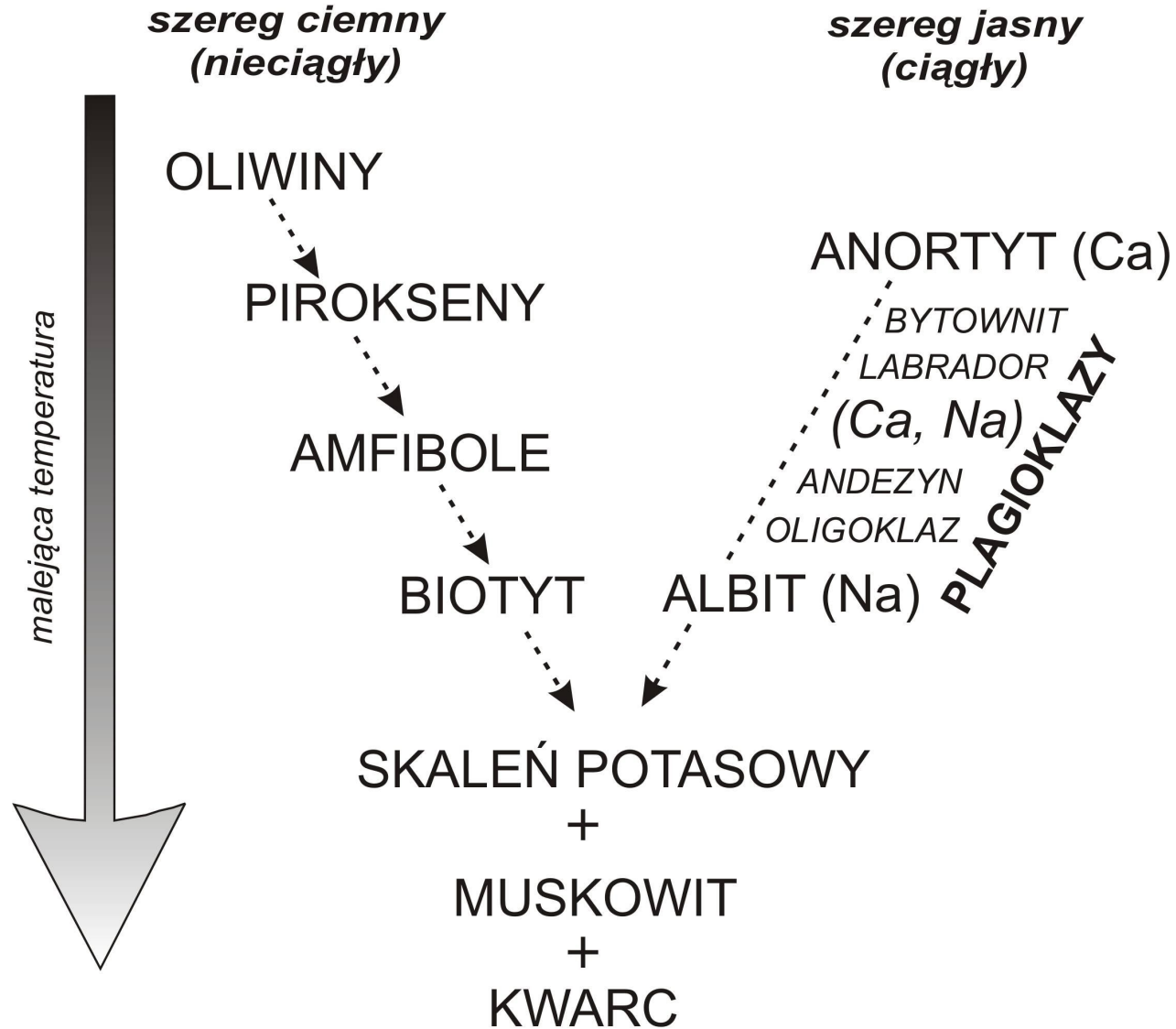


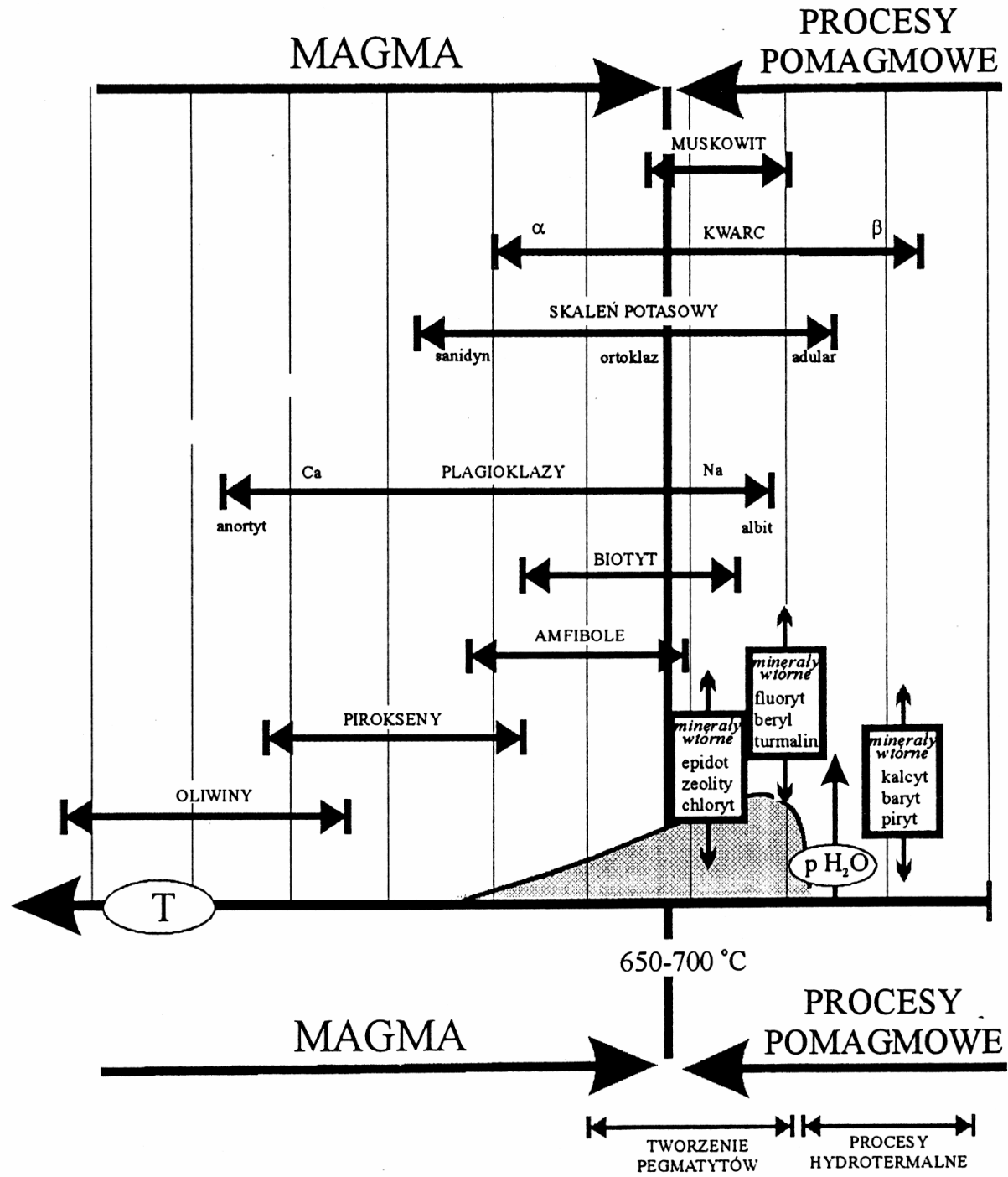
PROCESY ZACHODZĄCE W MAGMIE

Etapy krystalizacji magmy

ETAPY POMAGMOWE	ETAP MAGMOWY WŁAŚCIWY	T 1800-700°C
	ETAP PEGMATYTOWY	T 700-400°C
	ETAP PNEUMATOLITYCZNY	T 600-400°C
	ETAP HYDROTERMALNY	T 400-100°C

Szeregi reakcyjne Bowena





Etap pegmatytowy

Stop po krystalizacji ma mniejszą objętość niż magma - skała pęka. W powstałe szczeliny dostają się tzw. **stopy resztkowe**, z których krystalizują pegmatyty.

PEGMATYT – żyłowa skała, gniazdowa, **grubokrystaliczna**, najczęściej z pismowymi przerostami kwarcu i skalenia, powstała z resztkowych, roztworów pomagmowych. Zbudowana jest głównie z takich samych minerałów, jak jej skała macierzysta. Może gromadzić egzotyczne minerały jako minerały poboczne i akcesoryczne.



Etap hydrotermalny

Procesy hydrotermalne: zachodzą pod wpływem cyrkulacji w skałach gorących **roztworów hydrotermalnych** (głównie skroplonej pary wodnej).

Prowadzą do przeobrażeń w otoczeniu intruzji a także do krystalizacji różnych minerałów w pustkach i szczelinach skalnych (np. kwarc niskotemperaturowy, siarczki, fluoryt, kalcyt, baryt).



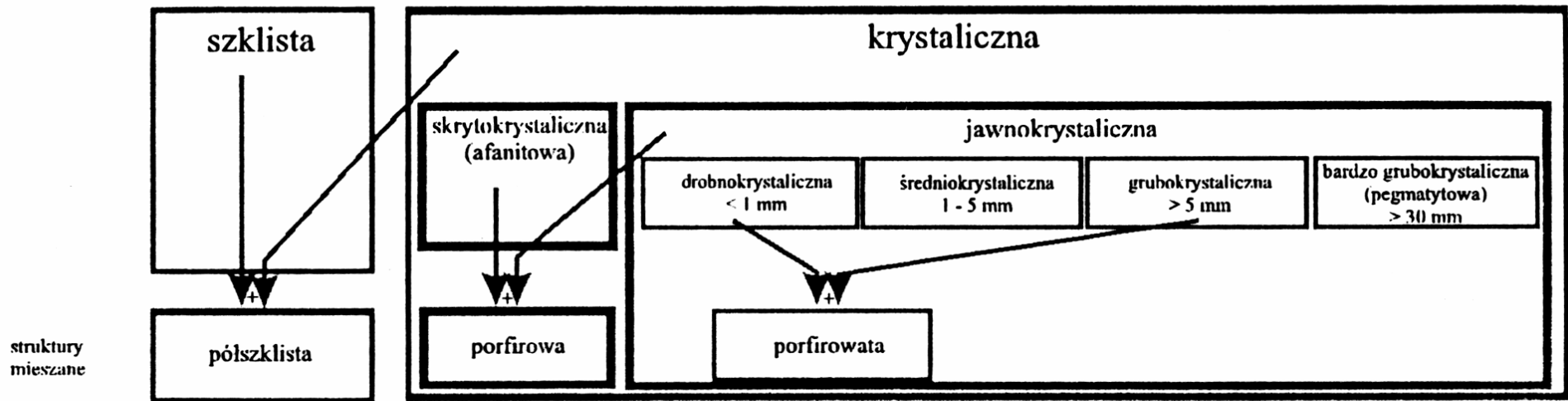
STRUKTURA I TEKSTURA

Struktury skał magmowych

Struktura – sposób wykształcenia składników skały:

- stopień krystaliczności
- wielkość i kształt kryształów
- wzajemne relacje między składnikami

Podstawowe struktury skał magmowych



PRZYKŁADY
STRUKTUR

struktura afanitowa



struktura porfirowa



struktura porfirowata



struktura średniokrystaliczna
(równokrystaliczna)



- Stopień krystaliczności



krystaliczna

szklista



półszklista



Wielkość i kształt kryształów

Jawnokrystaliczna

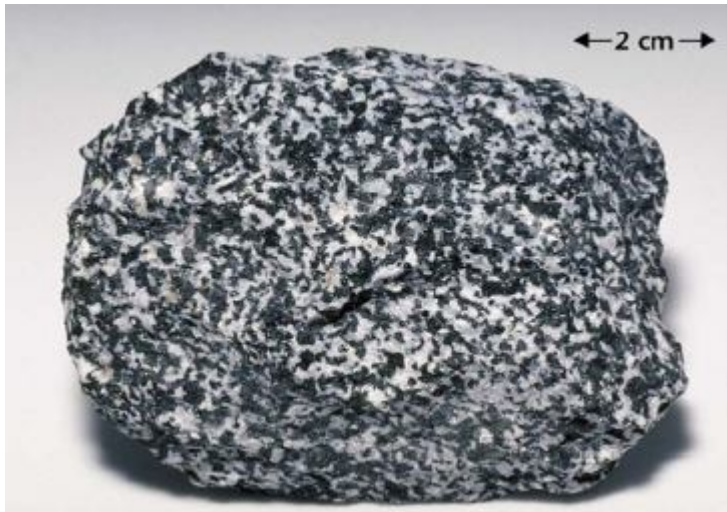


granit

Afanitowa



ryolit



Równokrystaliczna

Porfirowa

Nierównokrystaliczna

Porfirowata



tło skalne -
afanitowe

fenokryształy



tło skalne
jawnokrystaliczne


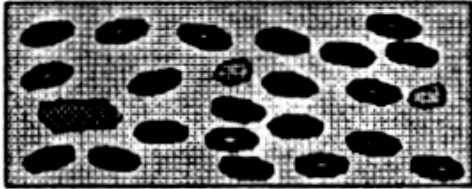

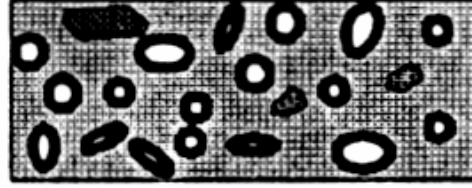
Tekstura skał magmowych

Tekstura – sposób ułożenia i rozmieszczenia składników w skale

- uporządkowanie składników
- stopień wypełnienia przestrzeni przez składniki skały

Podstawowe tekstury skał magmowych

na przykładzie skały o strukturze porfirowej

	masywna	porowata
kierunkowa		
bezładna		

Uporządkowanie

Tekstura bezładna

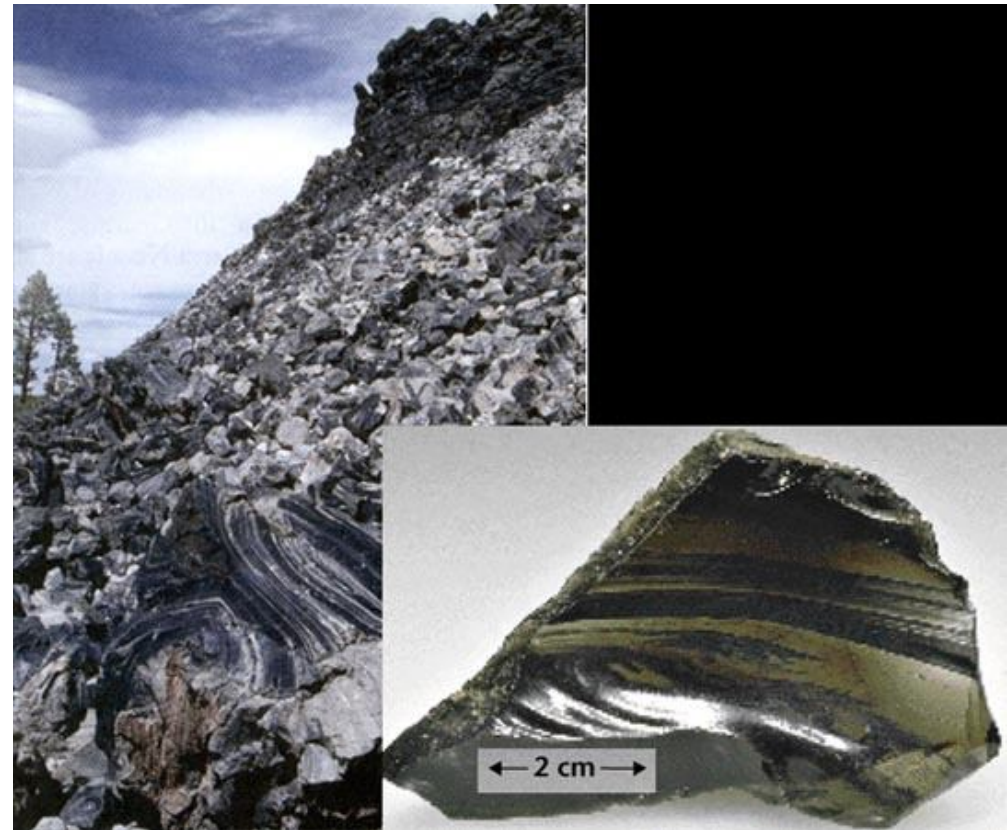


Tekstura kierunkowe



Uporządkowanie

Tekstura kierunkowa - fluidalna



Stopień wypełnienia przestrzeni

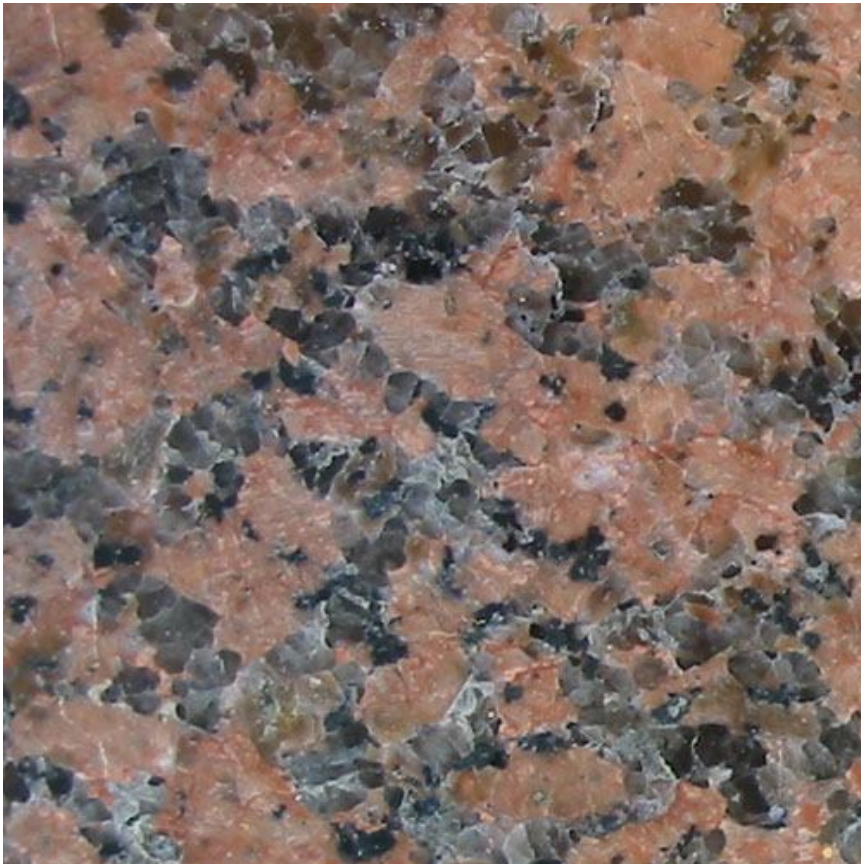
Tekstura masywna



Tekstura porowata:
miarolityczna
pęcherzykowata
gąbczasta



tekstura masywna, bezładna



tekstura masywna, kierunkowa



tekstura porowata, kierunkowa-fluidalna

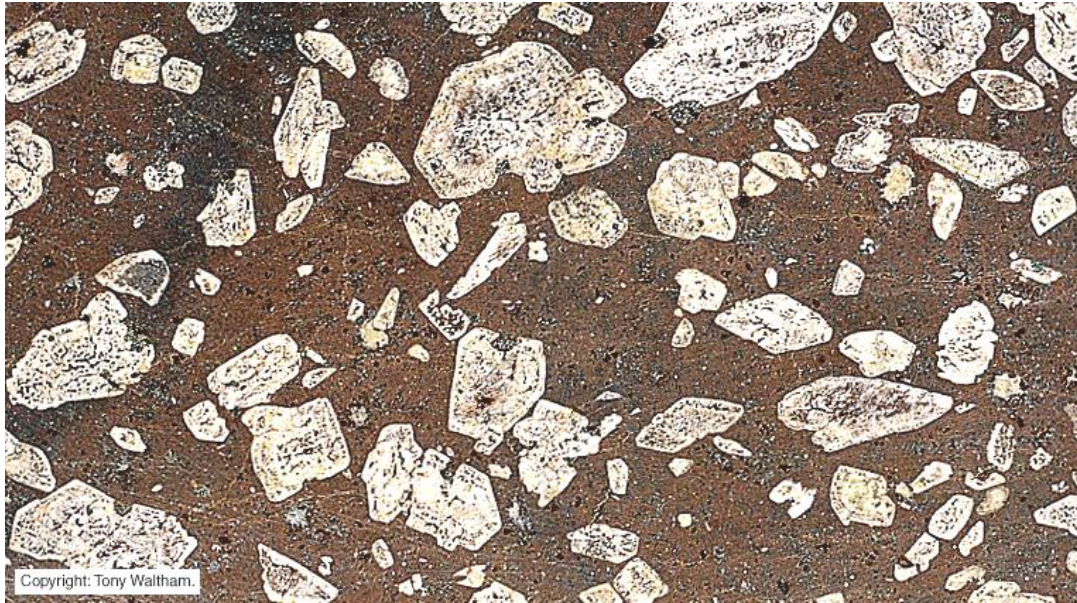


tekstura porowata, bezładna



migdałowcowa, bezładna (bazalt)





Andezyt o strukturze porfirowej,
Teksturze masywnej i bezładnej

Bazalt o strukturze afanitowej
teksturze bezładnej, migdałowcowej



Brian J. Skinner

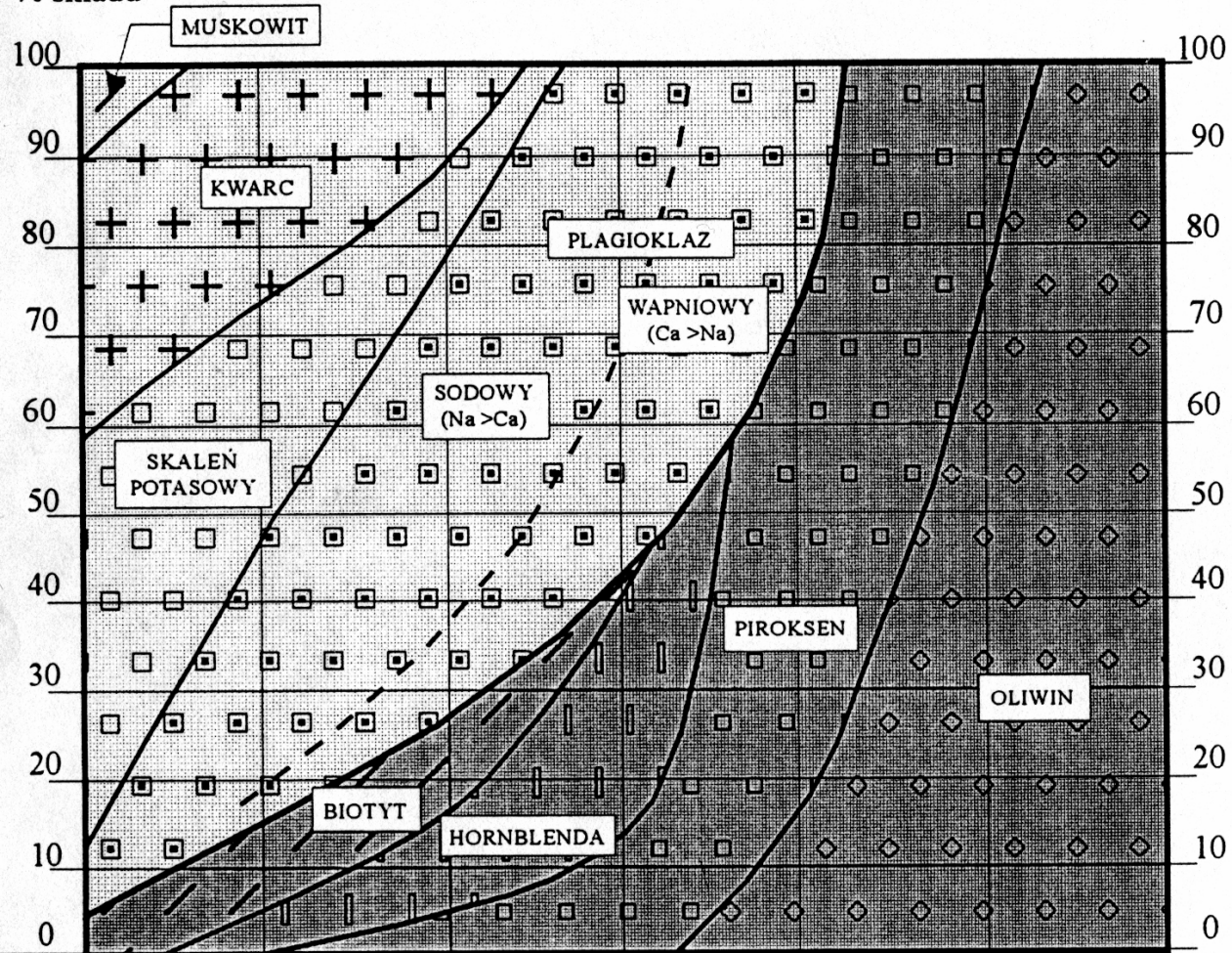
STRUKTURA PISMOWA



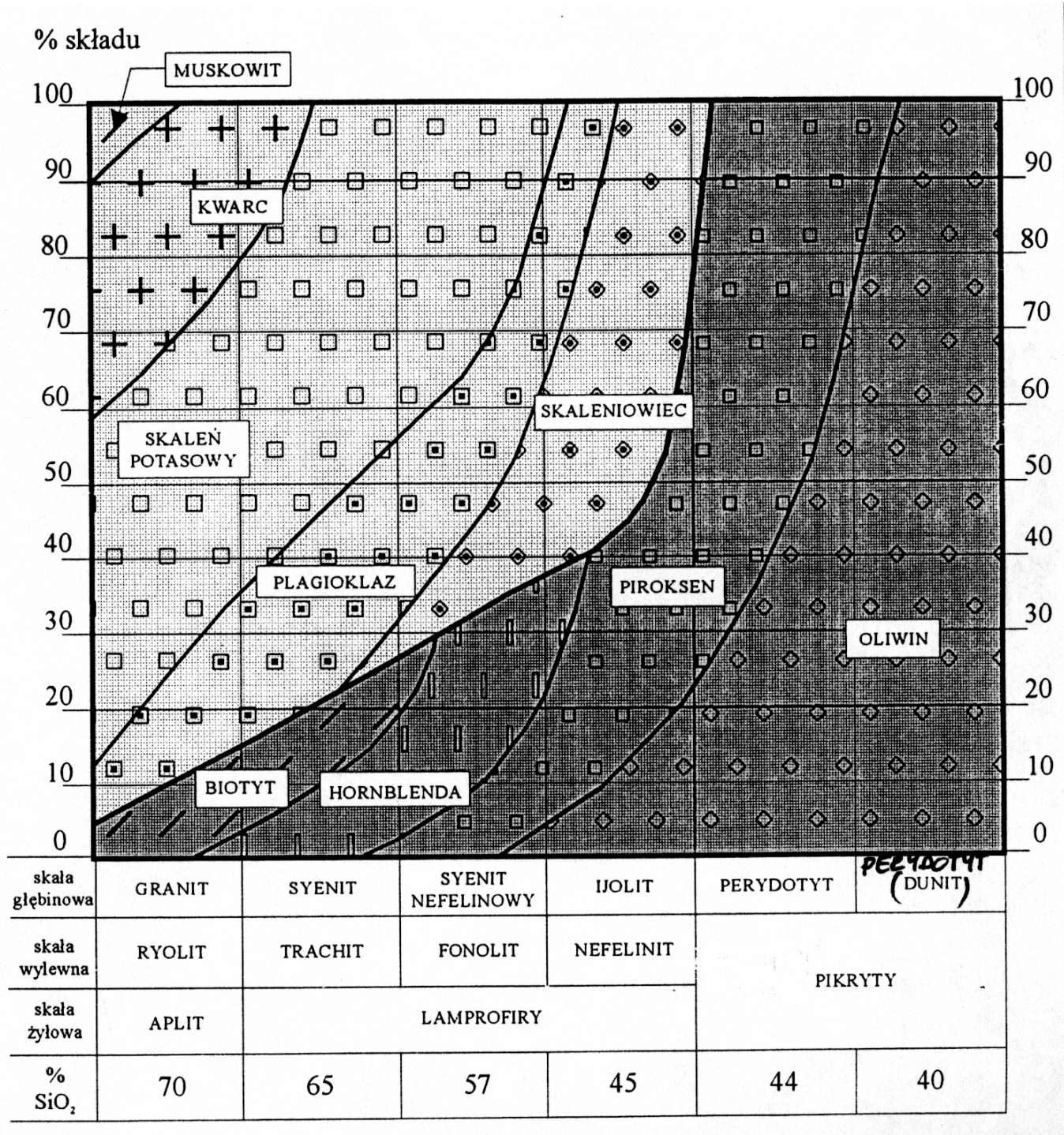
STRUKTURA OFITOWA

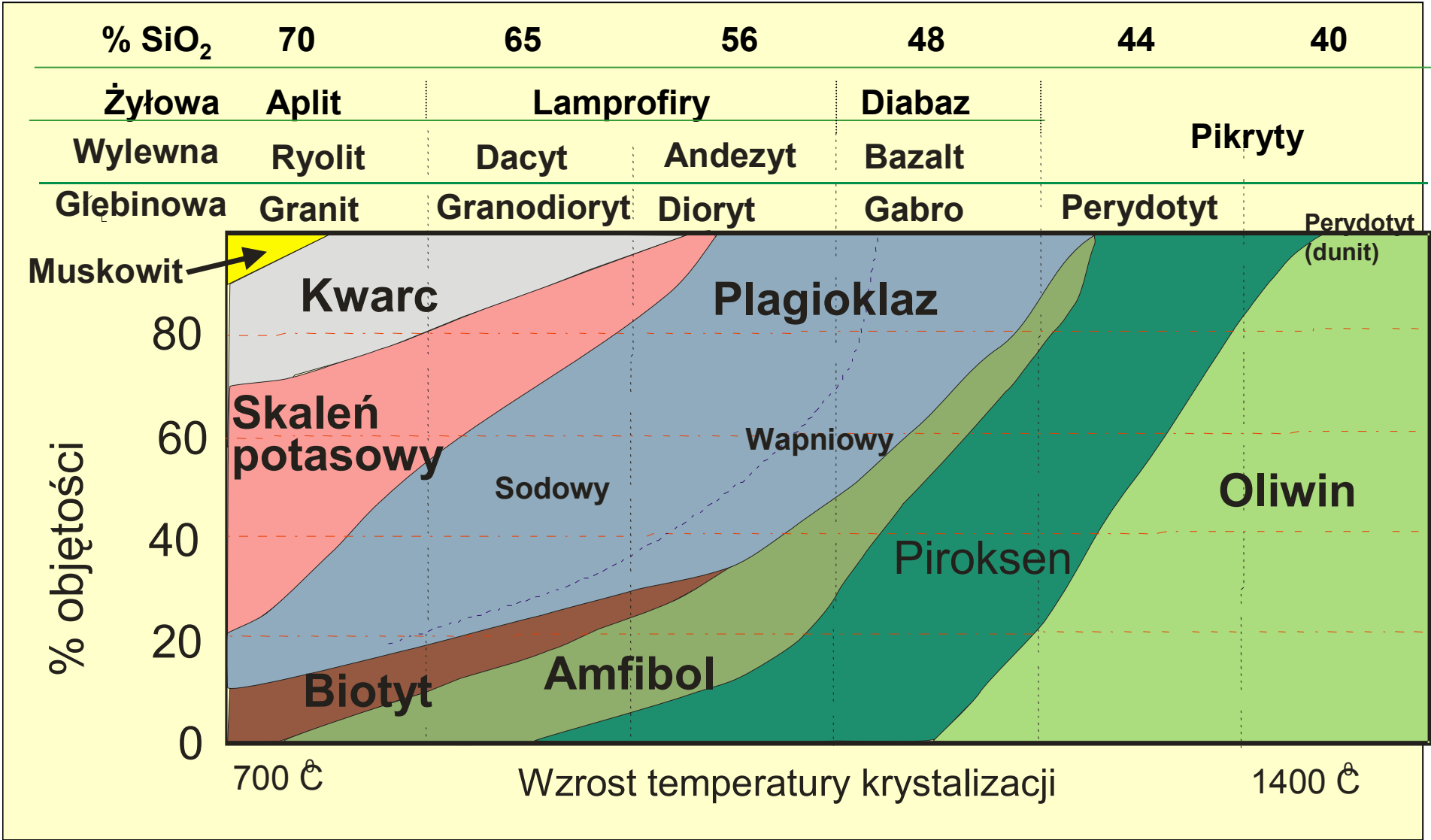


% składu

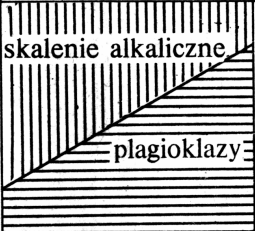
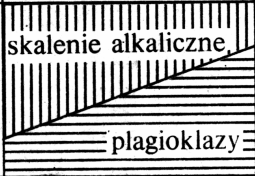
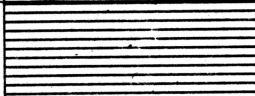
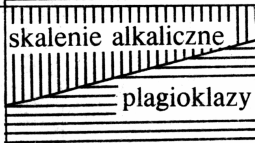


skala głębinowa	GRANIT	GRANODIORYT	DIORYT	GABRO	PERYDOTYT	PERYDOTYT (DUNIT)
skala wylewna	RYOLIT	RYODACYT	ANDEZYT	BAZALT	PIKRYTY	
skala żyłowa	APLIT	LAMPROFIRY		DIABAZ		
% SiO ₂	70	65	56	48	44	40





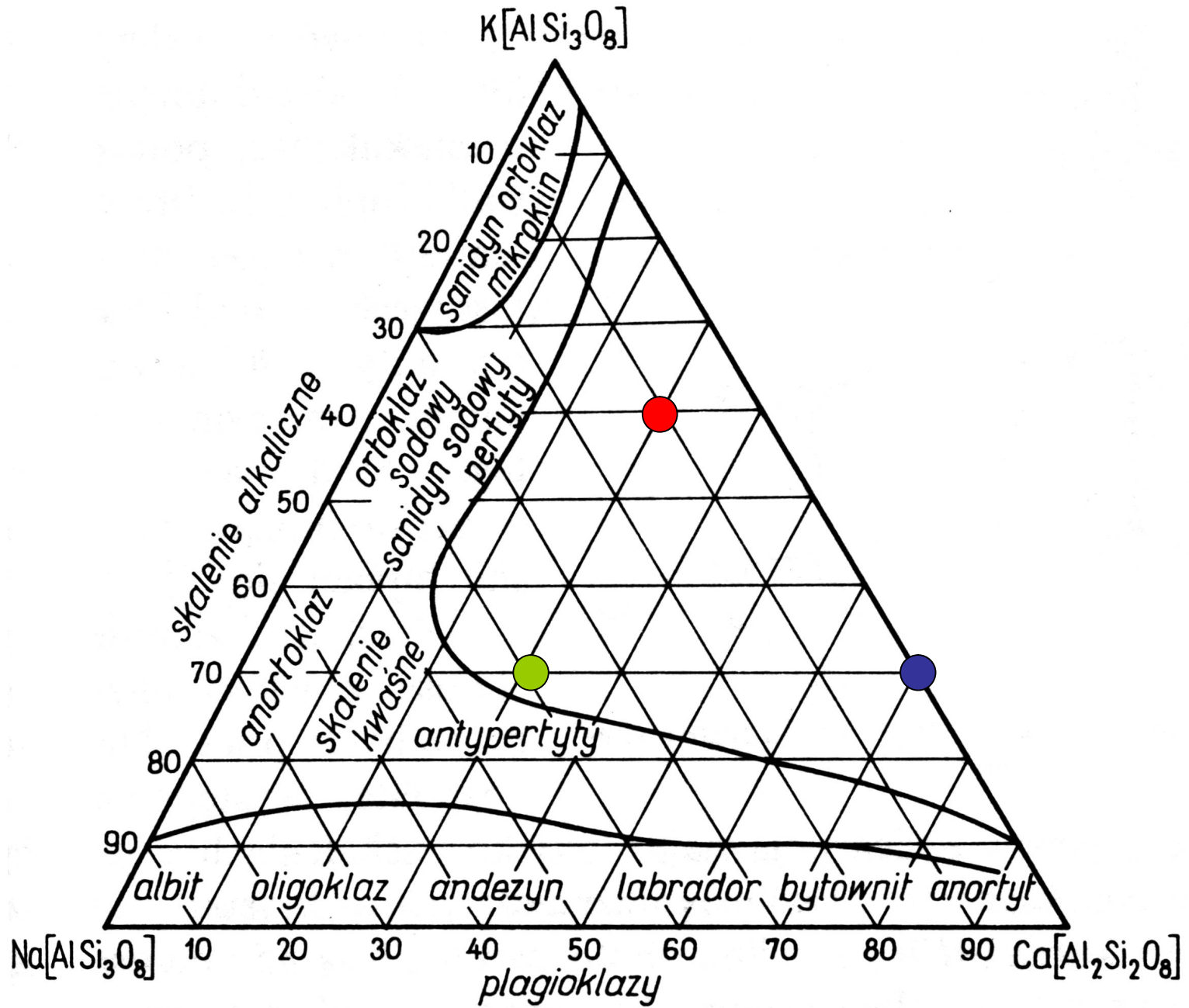
Tab. 1. Uproszczona klasyfikacja skał magmowych

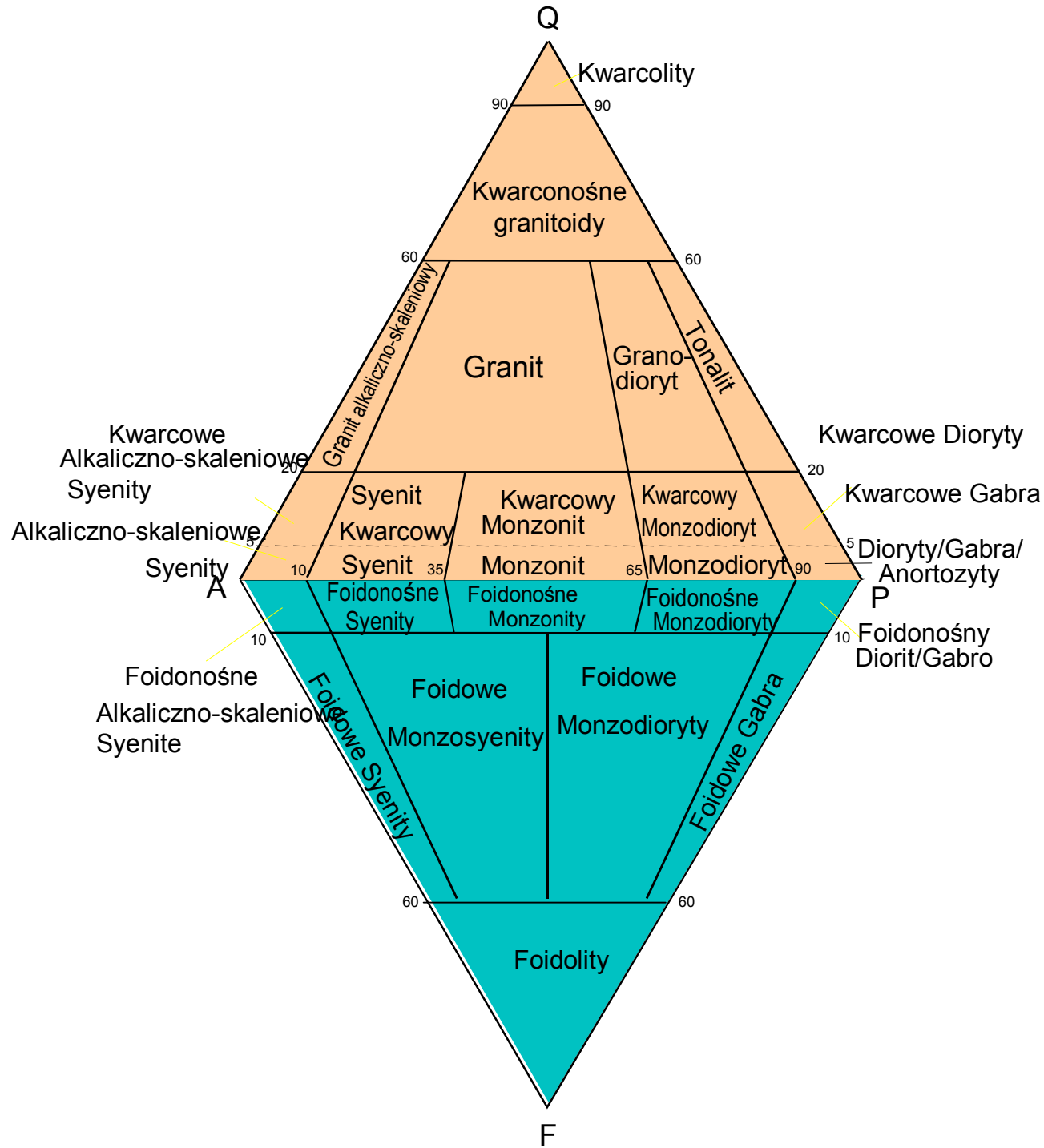
Grupy skał		Proporcje skaleni* lub inne minerały dominujące	Skały		
Nazwa	Wskaźniki mineralne		Plutoniczne**	Wulkaniczne	Żyłowe
Skrajnie kwaśne	kwarc	kwarc	<i>kwarcolit</i> <i>granit silnie kwarcowy</i>		kwarcolit
Kwaśne	kwarc		granitoidy <i>granit alkaliczno-skaleniowy</i> <i>granit</i> <i>granodioryt</i> <i>tonalit</i>	porfiry kwarcowe riolit alkaliczny riolit riodacyt dacyt	apity pegmatyty lamprofiry
Obojętne	skalenie		sjenito- dioryto- idy <i>sjenit</i> <i>monzonit</i> <i>dioryt</i>	porfiry bez- kwarcowe trachit latyt andezyt	
ZASAD			gabro- idy <i>anortozyt</i> <i>gabro</i>	bazalt	doleryt diabaz
Zasadowe	skalenie skaleniowce (= foidy)		sjenitoidy foidowe diorytoidy foidowe gabroidy foidowe	fonolit tefryt bazanit	
Skrajnie zasadowe	skaleniowce	skaleniowce	foidolity	nefelinit leucytyt	
Skrajnie melanokraticzne	bez minerałów jasnych	oliwin piroksen hornblenda	<i>peridotyt</i> <i>piroksenit</i> <i>hornblendyt</i>		pikryt

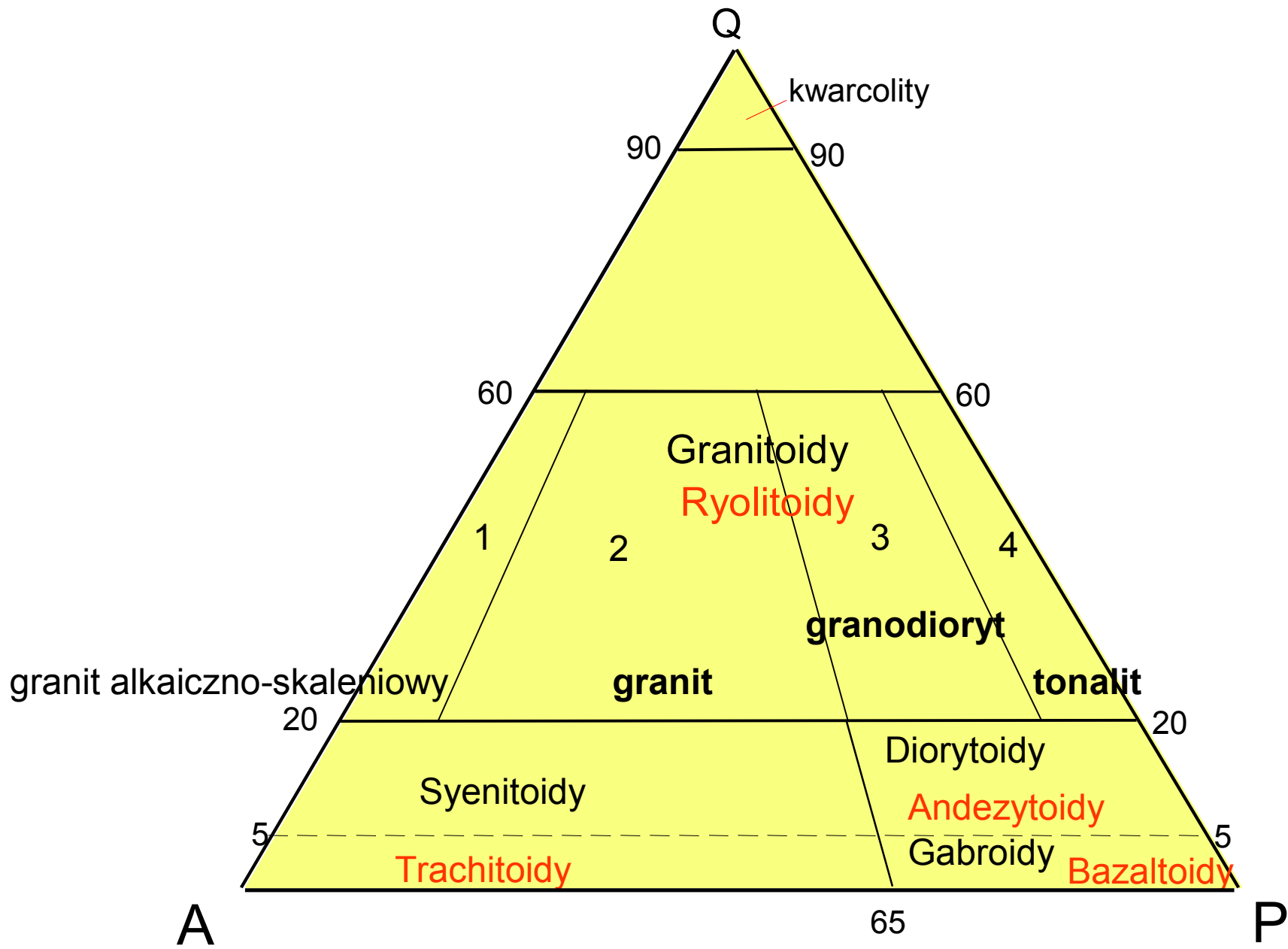
* Ukośna linia podziału w tej rubryce wyraża proporcje skaleni w poszczególnych skałach (szerokość rubryki – 100% skaleni).

** Wyróżnione zostały nazwy zalecone przez Podkomisję do Spraw Systematyki Skał Magmaowych Międzynarodowej Unii Nauk Geologicznych: pismem półgrubym – nazwy zalecane jako wstępne określenia skał w terenie (na podstawie cech makroskopowych), pismem pochyłym – nazwy zalecane jako podstawowe (wymagające ilościowego rozpoznania proporcji minerałów głównych).

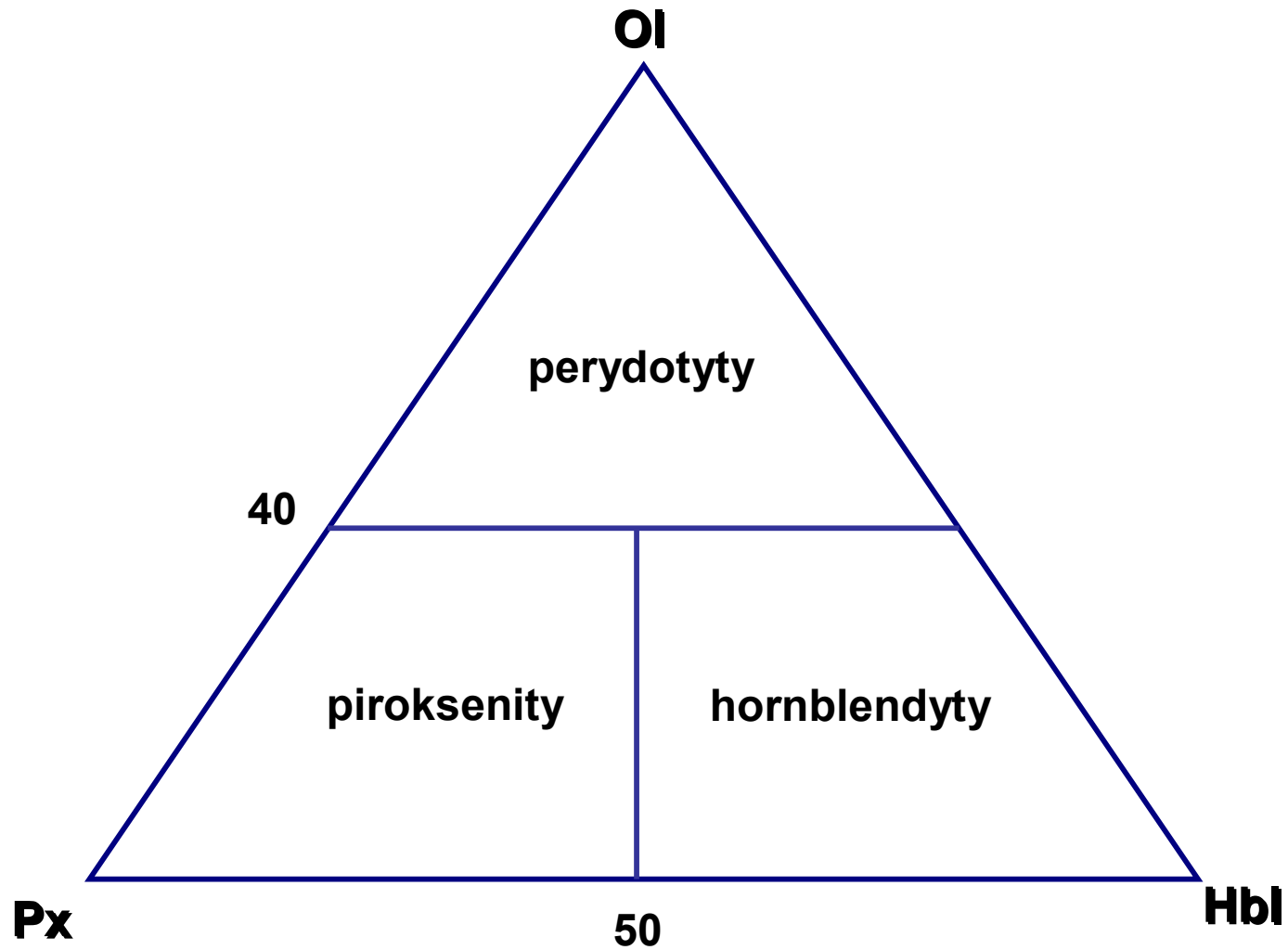


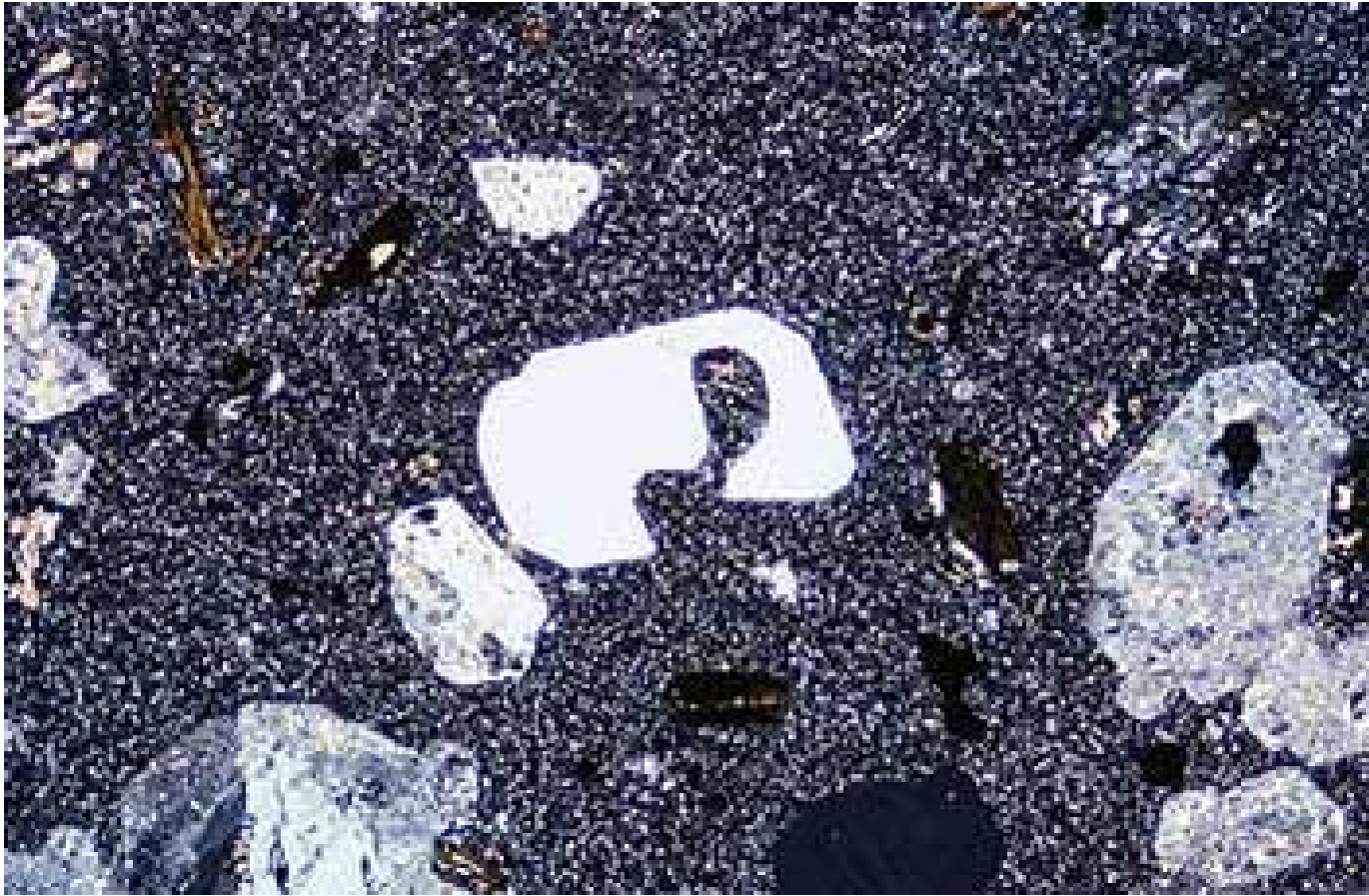






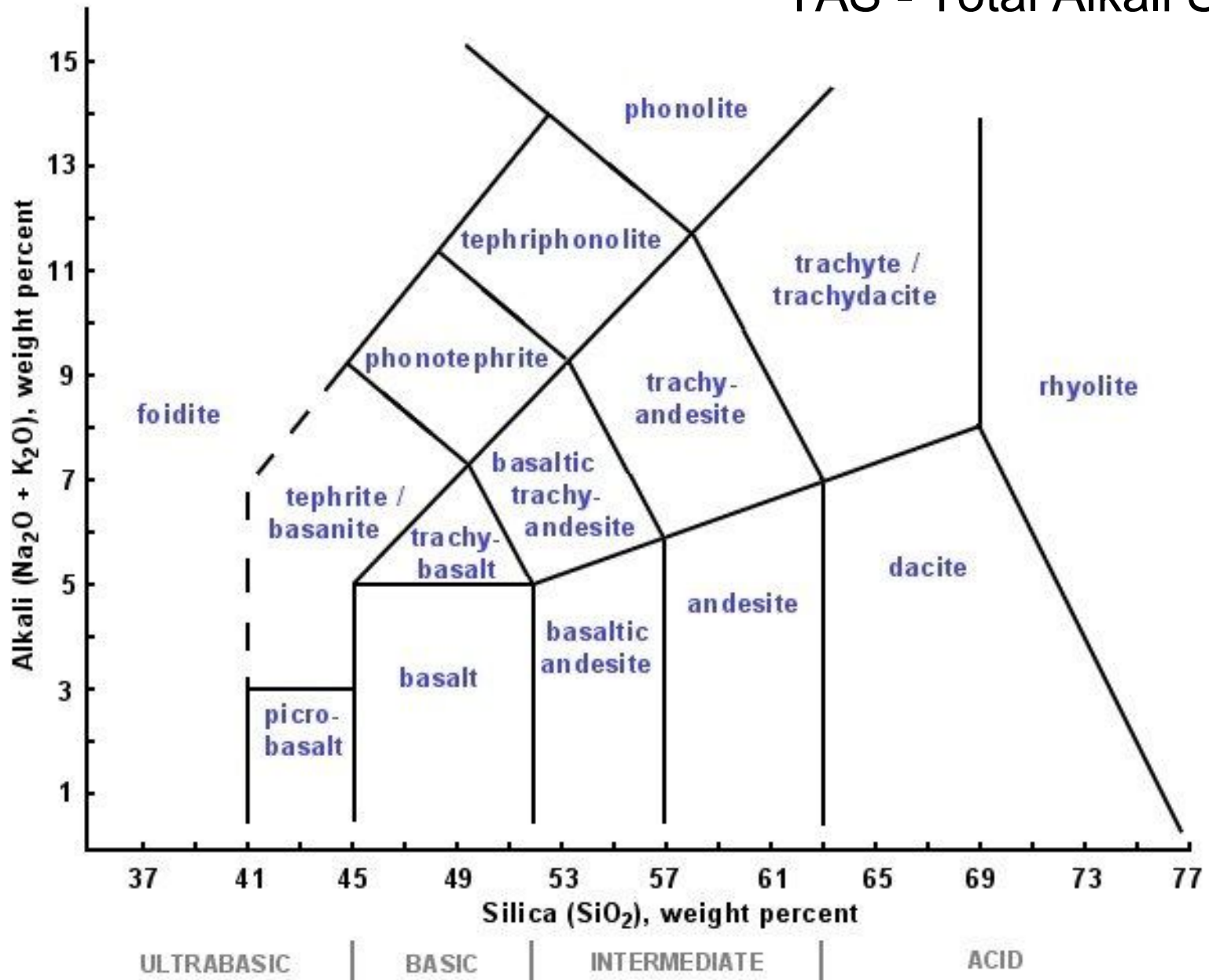
Jeśli skała zawiera < 10% składników jasnych:
ULTRAMAFITY





VOLCANIC ROCK TYPES

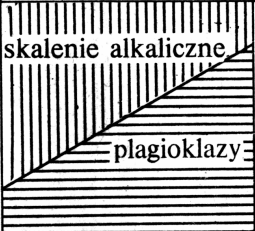
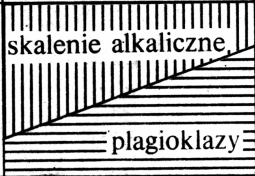
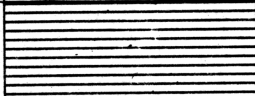
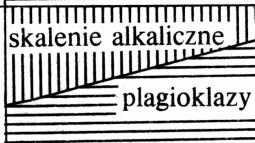
TAS - Total Alkali Silica



Magmy można podzielić:

- Ze względu na zawartość SiO₂:
 - (1) **kwaśne:** > 65 % SiO₂
 - (2) **obojętne** (pośrednie, przejściowe): 65 – 53 % SiO₂
 - (3) **zasadowe** (bazyty): 53 – 40 % SiO₂
 - (4) **ultrazasadowe** (ultrabazyty): < 45 – 40 % SiO₂

Tab. 1. Uproszczona klasyfikacja skał magmowych

Grupy skał		Proporcje skaleni* lub inne minerały dominujące	Skały		
Nazwa	Wskaźniki mineralne		Plutoniczne**	Wulkaniczne	Żyłowe
Skrajnie kwaśne	kwarc	kwarc	<i>kwarcolit</i> <i>granit silnie kwarcowy</i>		kwarcolit
Kwaśne	kwarc		granitoidy <i>granit alkaliczno-skaleniowy</i> <i>granit</i> <i>granodioryt</i> <i>tonalit</i>	porfiry kwarcowe riolit alkaliczny riolit riodycyt dacyt	apity pegmatyty lamprofiry
Obojętne	skalenie		sjenito- doryto- idy <i>sjenit</i> <i>monzonit</i> <i>dioryt</i>	porfiry bez- kwarcowe trachit latyt andezyt	
ZASAD			gabro- idy <i>anortozyt</i> <i>gabro</i>	bazalt	doleryt diabaz
Zasadowe	skalenie skaleniowce (= foidy)		sjenitoidy foidowe diorytoidy foidowe gabroidy foidowe	fonolit tefryt bazanit	
Skrajnie zasadowe	skaleniowce	skaleniowce	foidolity	nefelinit leucytyt	
Skrajnie melanokraticzne	bez minerałów jasnych	oliwin piroksen hornblenda	<i>peridotyt</i> <i>piroksenit</i> <i>hornblendyt</i>		pikryt

* Ukośna linia podziału w tej rubryce wyraża proporcje skaleni w poszczególnych skałach (szerokość rubryki – 100% skaleni).

** Wyróżnione zostały nazwy zalecone przez Podkomisję do Spraw Systematyki Skał Magmaowych Międzynarodowej Unii Nauk Geologicznych: pismem półgrubym – nazwy zalecane jako wstępne określenia skał w terenie (na podstawie cech makroskopowych), pismem pochyłym – nazwy zalecane jako podstawowe (wymagające ilościowego rozpoznania proporcji minerałów głównych).

Niektóre tradycyjne nazwy skał magmowych

MELAFIR – ciemne skały wylewne o składzie andezytoidów lub bazaltoidów, odznaczające się teksturą migdałowcową i strukturą porfirową. W pęcherzykach pogazowych często występuje agat, ametyst, kalcyt, baryt, chloryty, zeolity i in.

Skąły żyłowe

SKAŁY ŻYŁOWE – skały hipabisalne bądź subwulkaniczne, przyjmujące formę żył magmowych. Mają struktury pełnokrystaliczne, grubo-, średnio- lub drobnokrystaliczne, afanitowe lub niekiedy porfirowe oraz tekstury: masywne lub porowate, bezładne lub kierunkowe. Genetycznie są powiązane z intruzjami magmowymi.

PEGMATYTY – bardzo grubokrystaliczna skała magmowa

APLIT – drobnokrystaliczna skała o składzie granitoidów

DIABAZ – drobno- lub średniokrystaliczna skała żyłowa o składzie gabroidów; przejściowa między bazaltem a gabrem