

Wykład III b

Kryształy

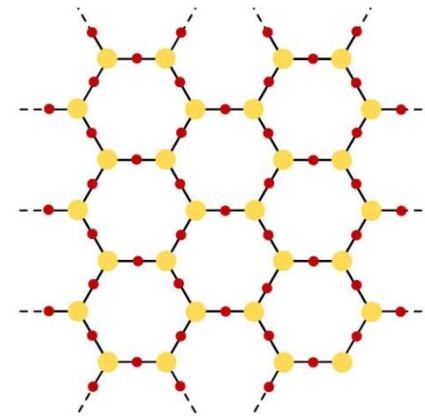


Fizyka Ciała Stałego

Ciała stałe można podzielić na:

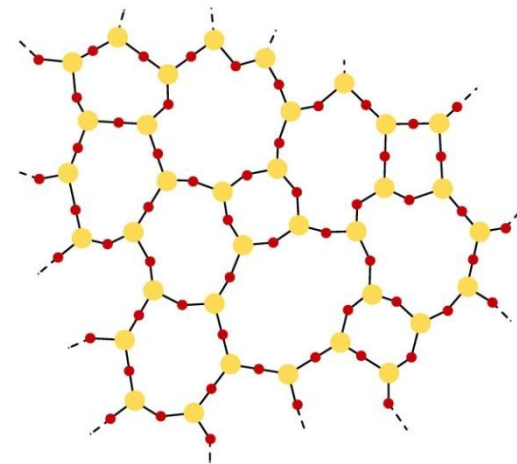
- Krystaliczne, o uporządkowanym ułożeniu atomów lub molekuł tworzącym sieć krystaliczną.
- Amorficzne, brak uporządkowania, np. szkła;

Struktura krystaliczna



(a)

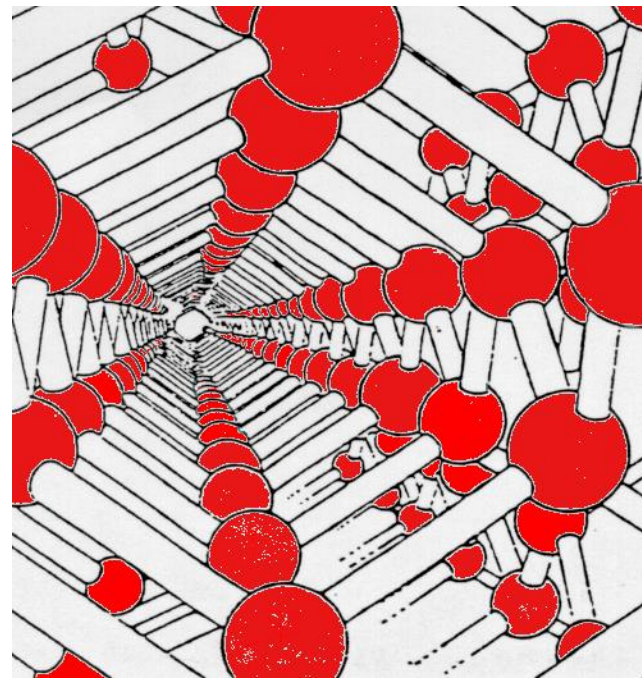
Struktura amorficzna



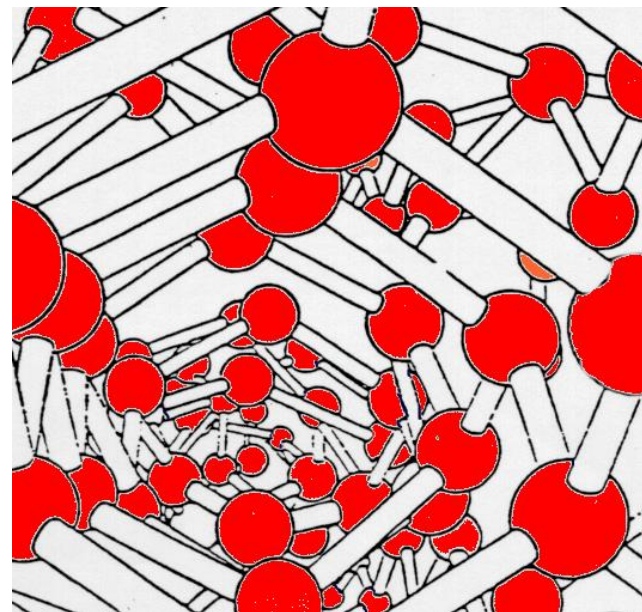
(b)



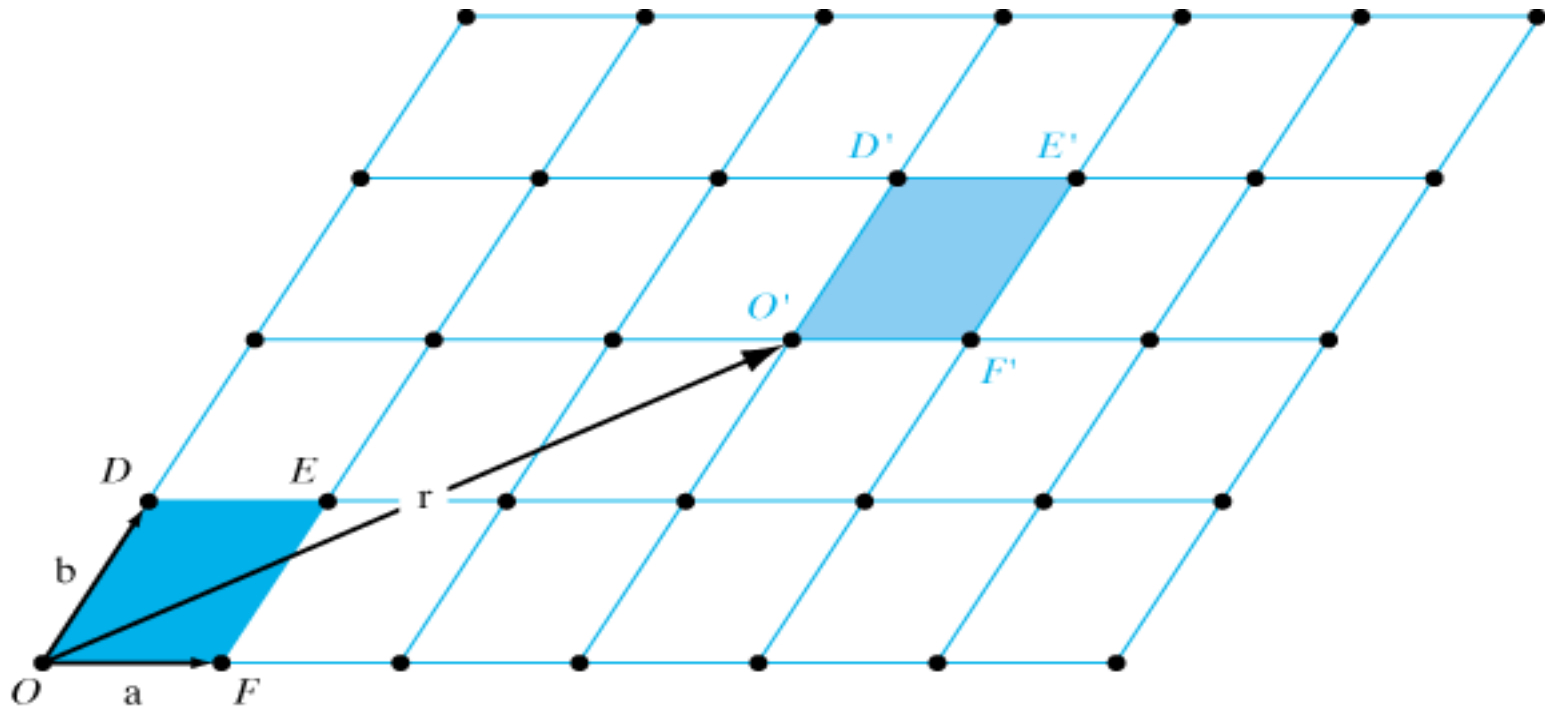
Krystaliczny
krzem



Amorficzny krzem



Sieć krystaliczna



Dwuwymiarowa sieć. Pokazano komórkę elementarną i jej translację o wektor sieci $\vec{r} = 3\vec{a} + 2\vec{b}$



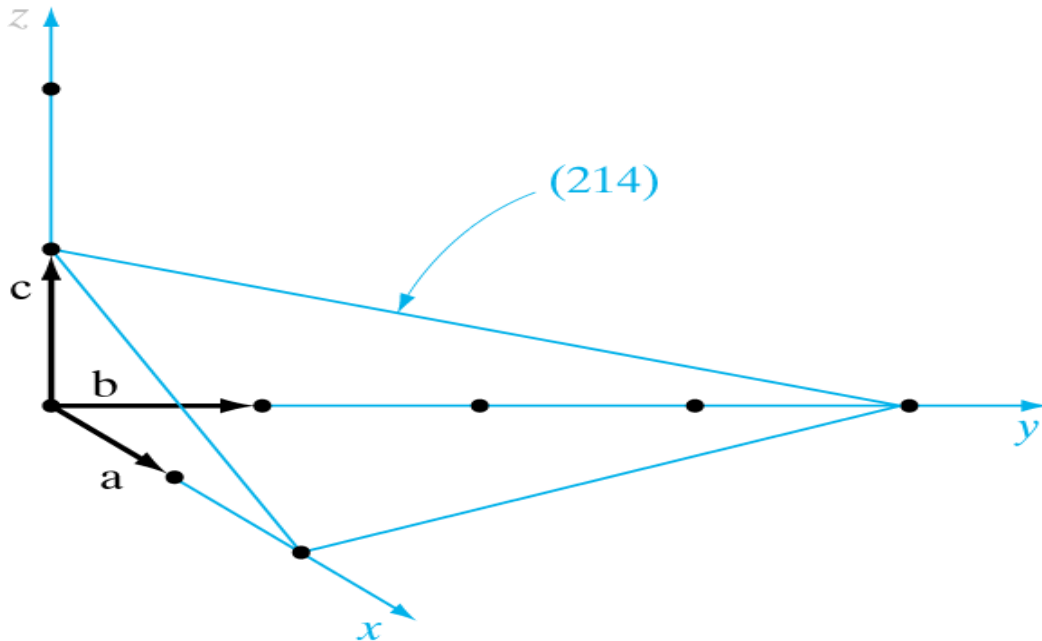
Płaszczyzny i kierunki sieciowe

- Wskaźniki Millera h, k, l płaszczyzn sieciowych

1. Znajdujemy przecięcia płaszczyzny z osiami i wyrażamy je jako iloczyny liczb całkowitych przez wektory bazowe.

2. Liczymy odwrotności tych liczb całkowitych. Wskaźniki h, k, l stanowią trzy najmniejsze liczby całkowite mające ten sam stosunek.

3. Wskaźnik: (hkl)



Przykład:

przecięcia: 2, 4, 1

odwrotności: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, 1

Najmniejsza wspólna wielokrotność: 4

Mnożymy każdy ułamek przez tę wielokrotność: 2, 1, 4

płaszczyzna: (214)

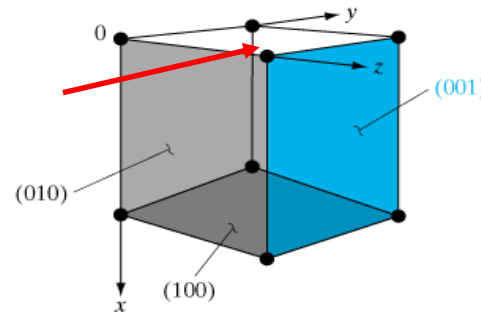
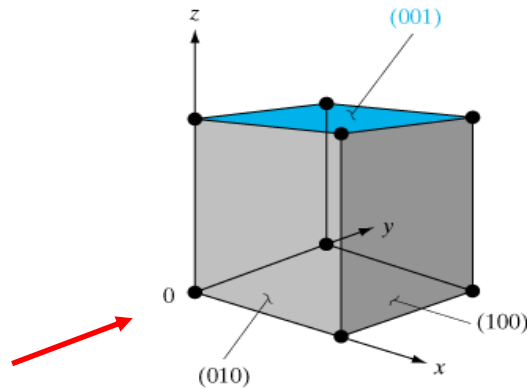


- **Biorąc odwrotności przecięć unika się nieskończoności w notacji**

(Np.) Przecięcie z osią płaszczyzny równoległej do osi jest równe nieskończoności; odwrotność – jest równa zero.

- Jeśli płaszczyzna przechodzi przez początek układu, można ją przesunąć równoległe aby znaleźć wskaźniki *Millera*.

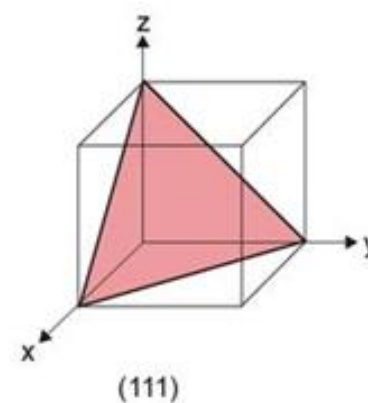
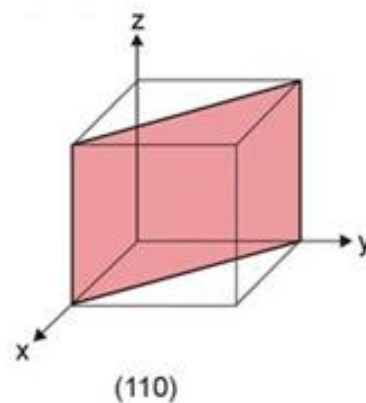
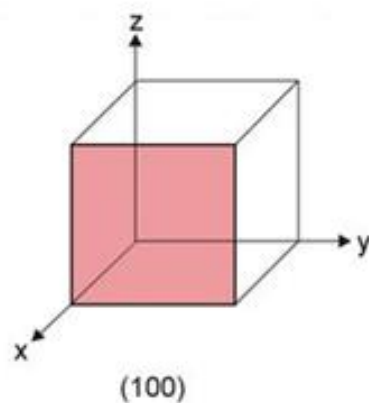
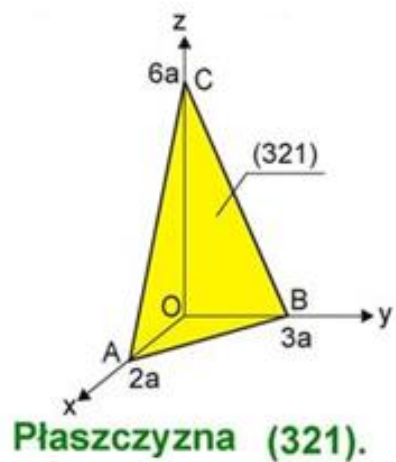
- **Ujemne przecięcie** : znak minus przed wskaźnikiem Millera $\left(\begin{matrix} h & \bar{k} & l \end{matrix} \right)$



Równoważność płaszczyzn sieci regularnej (płaszczyzn {100}) uzyskanych przez rotację komórki elementarnej.



Plaszczyzny sieciowe (hkl)

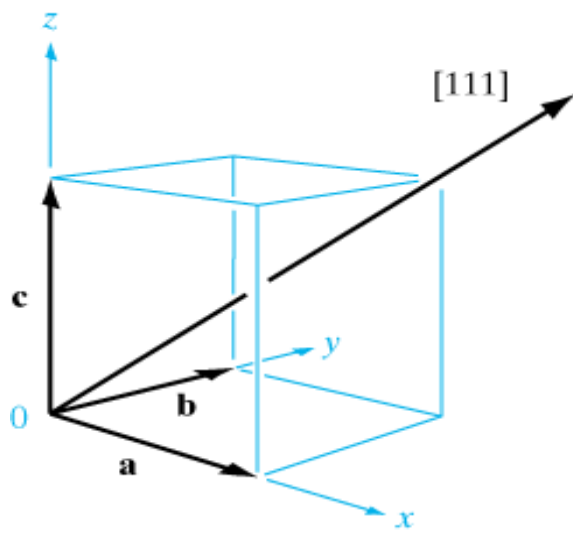


Przykłady symboli płaszczyzn sieciowych w sieci regularnej

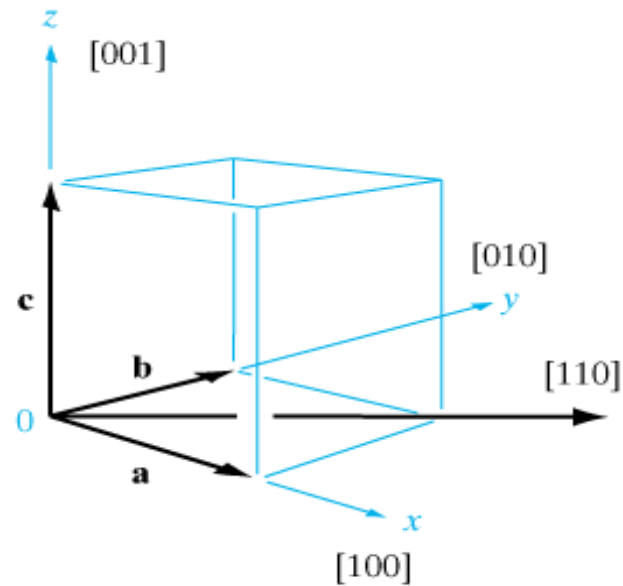


Kierunki sieciowe

$[hkl]$: kwadratowe nawiasy – kierunek prostopadły do płaszczyzny (hkl)



(a)



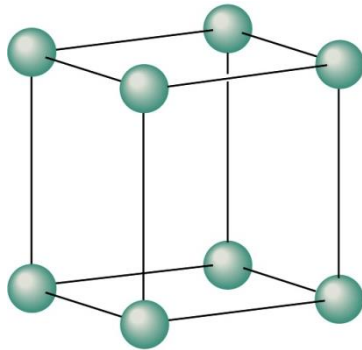
(b)

Kierunki dla sieci regularnej

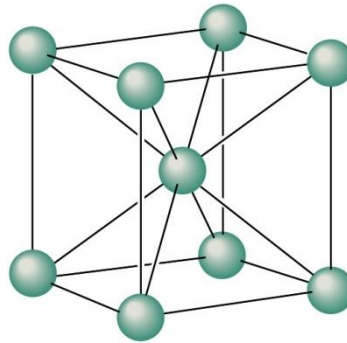


Kryształy

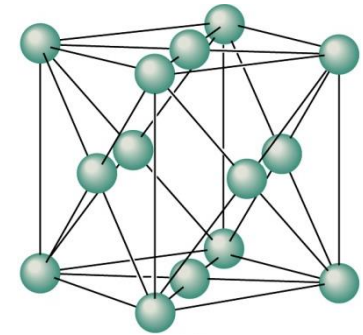
- **Występuje tu uporządkowane ułożenie atomów tworzących sieć krystaliczną.**
- **Mamy 14 typów sieci krystalicznych różniących się komórkami elementarnymi.**



Kubiczna



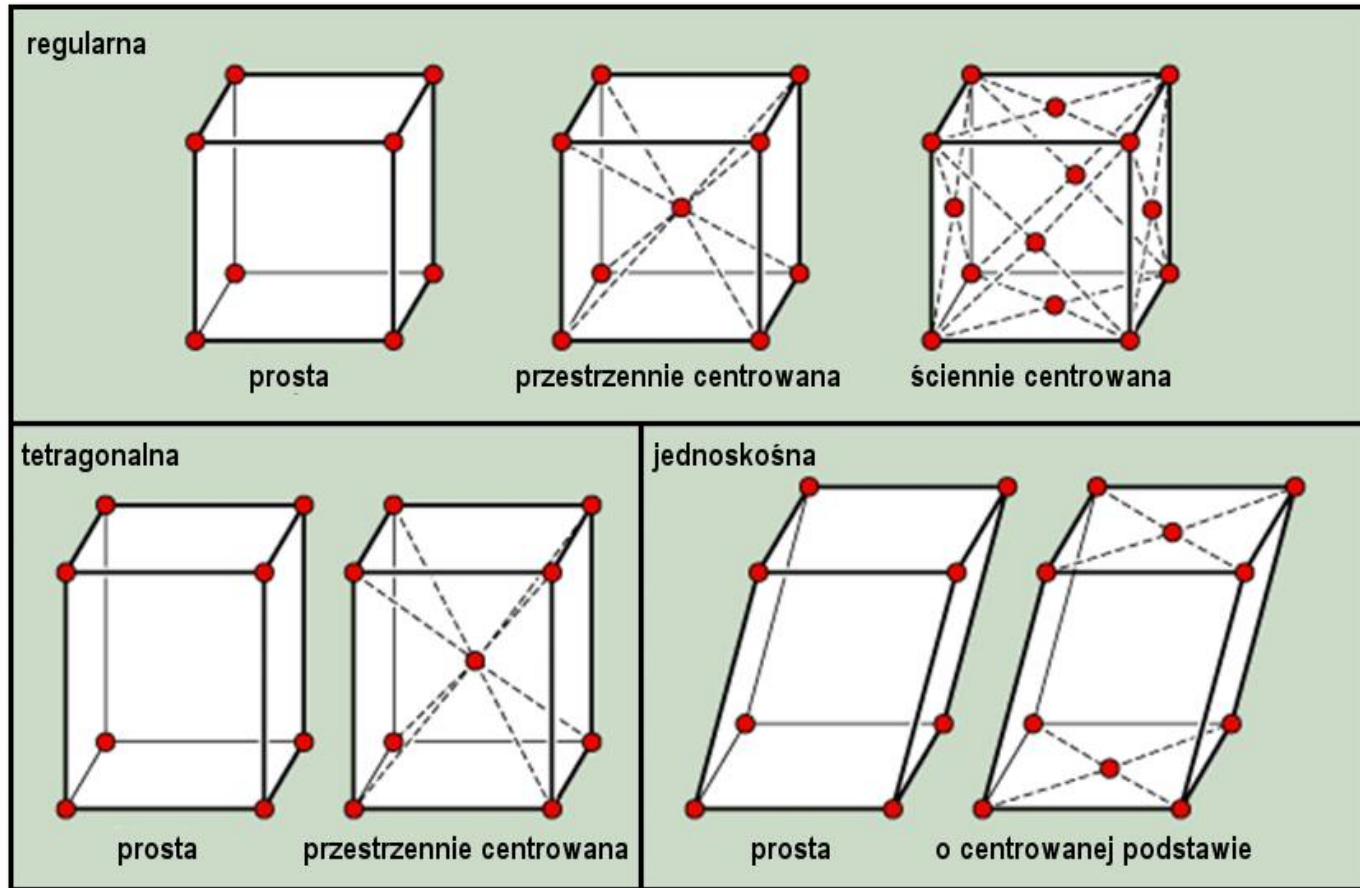
Objętościowo centrowana.



Powierzchniowo centrowana.



Typy trójwymiarowych sieci krystalicznych Bravais



regularna

$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma$$

tetragonalna

$$a = b \neq c$$

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

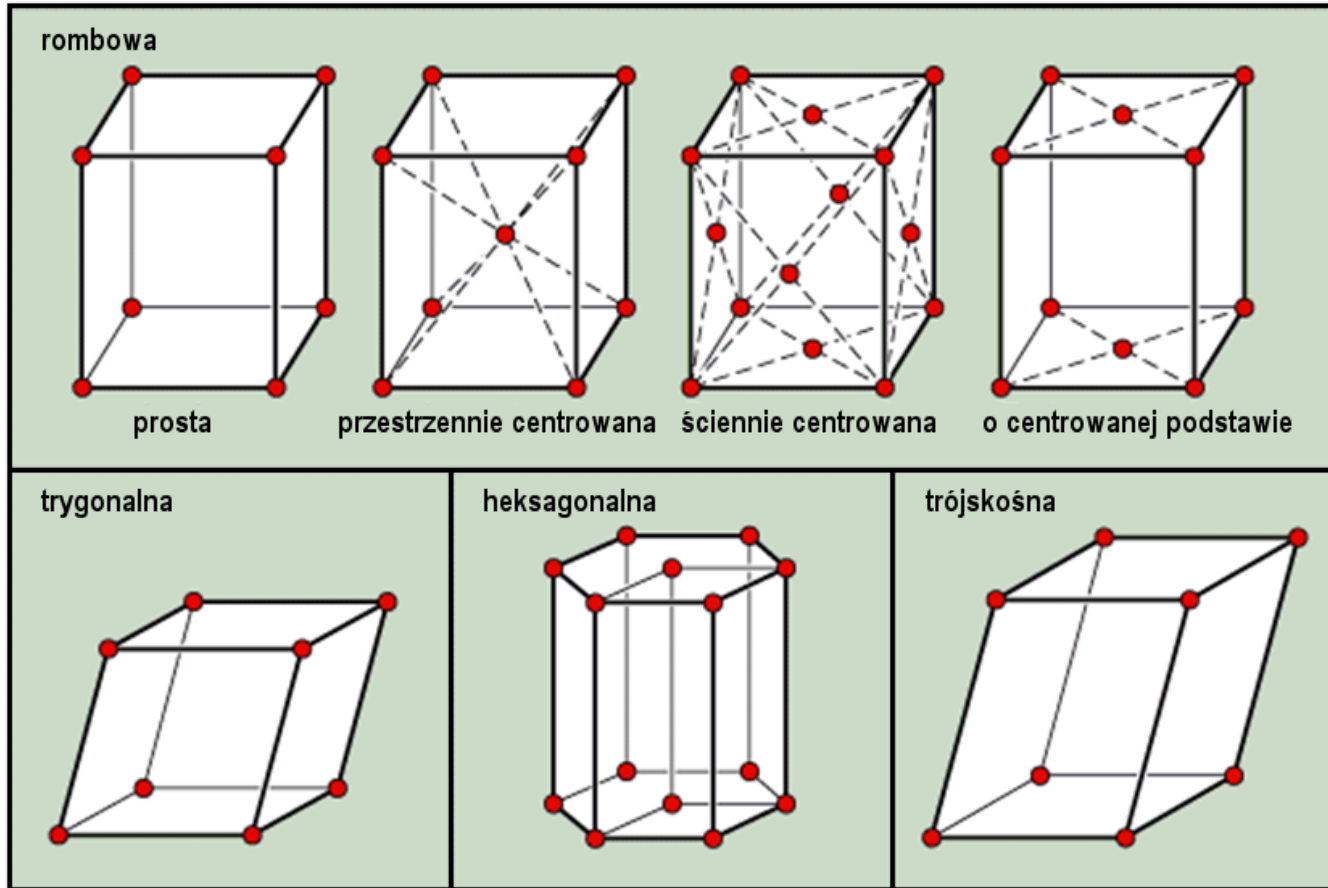
jednoskośna

$$a \neq b \neq c$$

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

$$\gamma \neq 90^\circ$$





ortorombowa
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

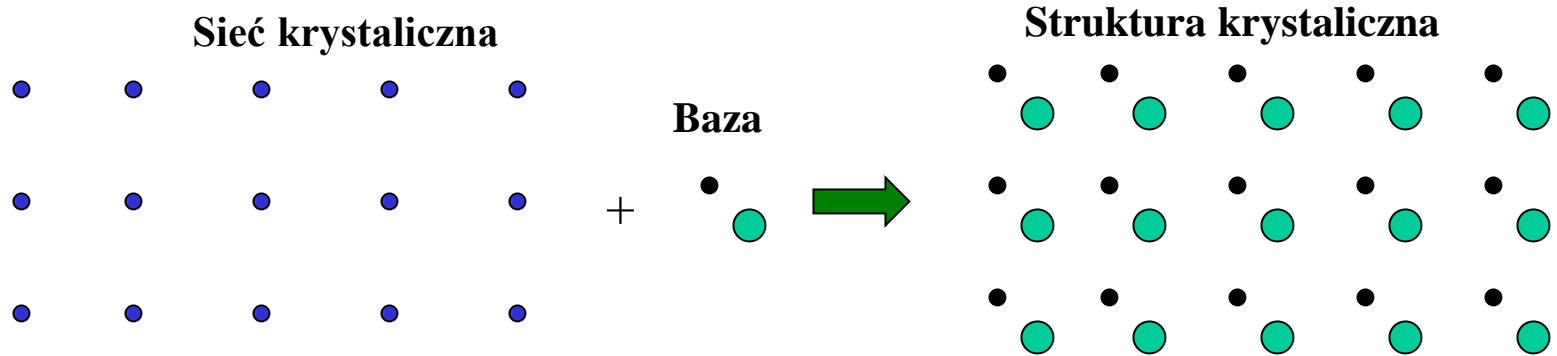
trygonalna
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$

heksagonalna
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = 90^\circ; \gamma = 120^\circ$

trójskośna
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$



Fizyka Ciała Stałego



O właściwościach ciała stałego decyduje:

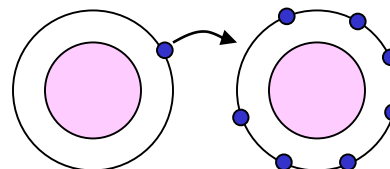
- **Struktura krystaliczna (rodzaj sieci)**
- **Wiązania chemiczne (rodzaj atomów w sieci)**



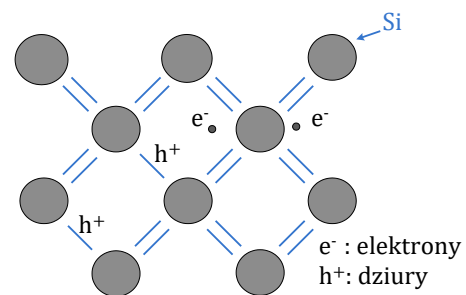
Wiązania chemiczne

Typy:

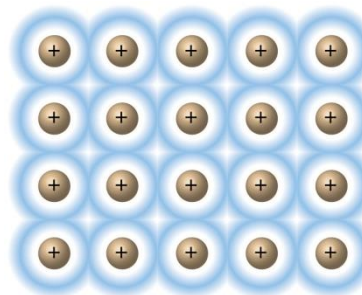
Wiązania jonowe



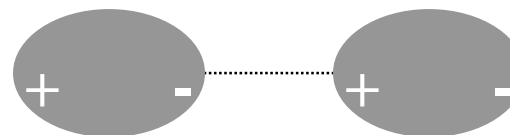
Wiązania kowalencyjne



Wiązania metaliczne



Wiązania Van der Waalsa



Wiązania jonowe

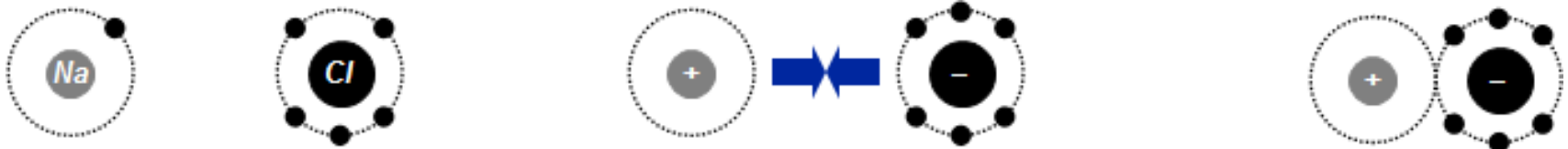
• Powstają gdy następuje transfer ładunku od jednego atomu do drugiego

* Dwa atomy tworzą w ten sposób układ dwóch jonów o przeciwnych znakach

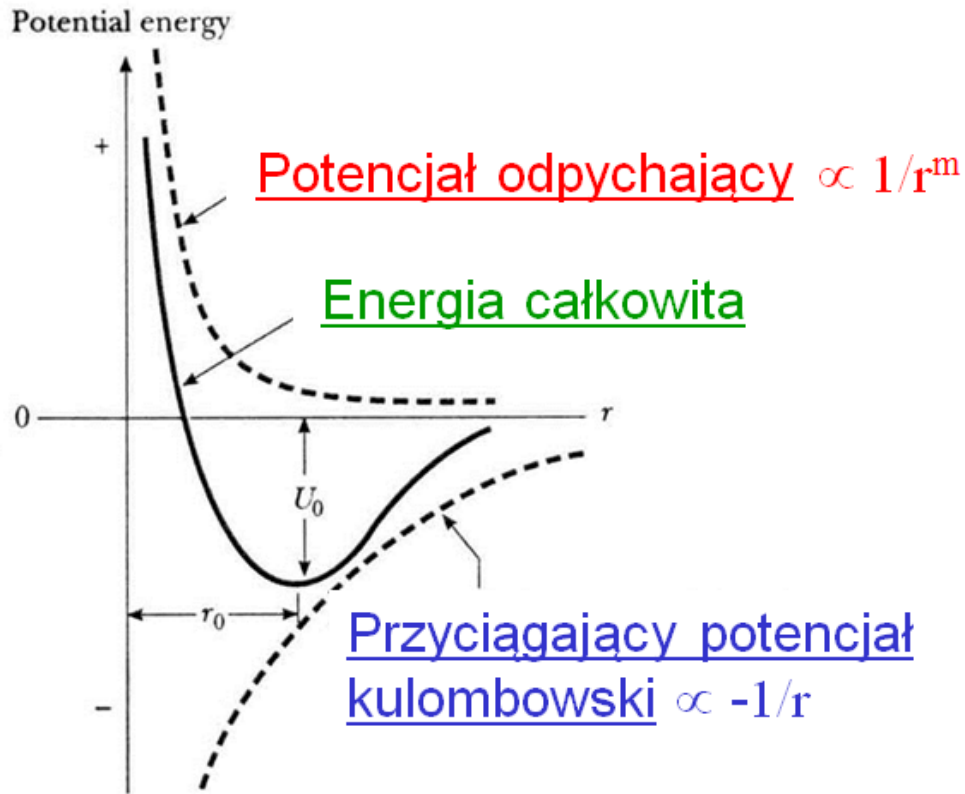
* Typowym przykładem jest tu kryształ NaCl powstający w wyniku transferu elektronu z sodu do chloru

⇒ Struktura elektronowa atomu Na $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

⇒ Struktura elektronowa atomu Cl $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$



Wiązania jonowe



$$U_0 = -\frac{\alpha}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_0} \left(1 - \frac{1}{m}\right)$$

α - stała Madelunga, dla NaCl wynosi 1.75; m jest małą liczbą naturalną.

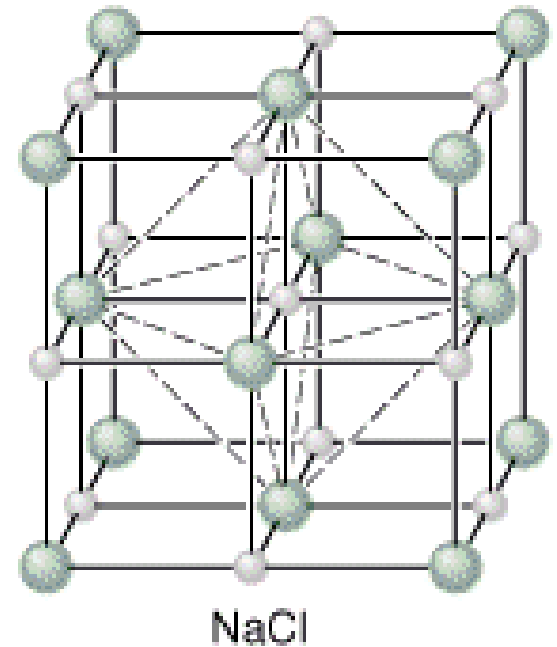
r_0 – położenie równowagowe jonów

U_0 jest energią kohezji, czyli energią na jeden jon, potrzebną do rozdzielenia kryształu na neutralne atomy (nieskończenie odległe, pozostające w spoczynku)



Chlorek sodu

- Sieć powierzchniowo centrowana
- Ilość atomów w komórce elementarnej :
1 atom Na w środku i $12 \times 1/4$ atomów Na na krawędziach = 4 Na
 $8 \times 1/8$ atomów Cl w narożnikach i $6 \times 1/2$ atomów Cl na powierzchniach = 4 Cl



- Każdy jon Na^+ jest otoczony przez 6 jonów Cl^- .
- Każdy jon Cl^- jest otoczony przez 6 jonów Na^+ .



Własności kryształów jonowych

- **Duża energia kohezji (2-4 eV/ atom).**
 - **Powoduje wysoką temperaturę topnienia i wrzenia.**
- **Niskie przewodnictwo elektryczne.**
 - **Brak swobodnych elektronów.**
- **Przeźroczyste dla światła widzialnego.**
 - **Energia pomiędzy najbliższymi poziomami większa niż 3 eV.**
- **Rozpuszczalne w wodzie.**
 - **Dipole elektryczne wody przyciągają jony.**

