

Podstawy Fizyki Ciała Stałego - 2

Janusz Tobała, tobola@ftj.agh.edu.pl, KFMS WFIS AGH, D-10, p. 316 B, konsultacje: pon. 10-11

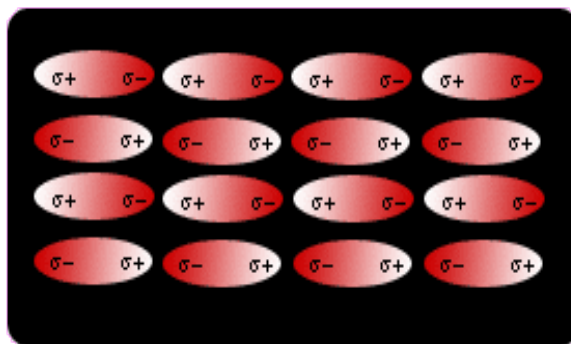
Tematem wykładu są szeroko rozumiane własności elektronowe materii skondensowanej (przede wszystkim kryształów), czyli te własności materiałów (np. przewodnictwo elektryczne i cieplne, magnetyzm, nadprzewodnictwo) oraz wielkości fizyczne je opisujące, które można zrozumieć jako wynik istnienia elektronów “wędrownych” i ich oddziaływania ze strukturą atomów (jąder oraz pozostałych elektronów).

Tematy wykładów

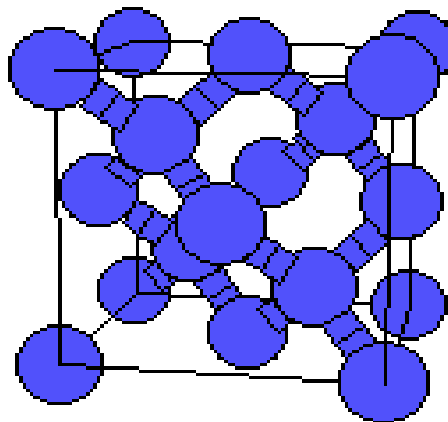
- 1-2. Wprowadzenie. Klasyczny i kwantowy model elektronów swobodnych.
3. Elektrony w potencjale periodycznym i sieć odwrotna.
4. Metale, półprzewodniki, półmetale i izolatory w świetle teorii pasmowej.
5. Metody obliczeń struktury elektronowej.
6. Przewodnictwo elektryczne metali czystych i stopów nieuporządkowanych.
7. Własności optyczne i termiczne metali.
8. Półprzewodniki samoistne i domieszkowane i ich własności fizyczne.
9. Magnetyzm elektronów wędrownych.
10. Konwersja energii w materii skondensowanej (efekt termoelektryczny, magnetokaloryczny, elektrochemiczny).
- 10-a. Złącze p-n, diody oraz tranzystory (?).
11. Granice modelu pasmowego oraz efekty wielociałowe i relatywistyczne.
12. Nadprzewodnictwo kryształów.
13. Oddziaływania nadsubtelne.
14. Fizyka powierzchni i międzypowierzchni.
15. Zastosowanie modelu swobodnych fermionów w astrofizyce – *opcjonalnie*.

Oddziaływania międzycząsteczkowe tworzącymi kryształy bywają bardzo różne.

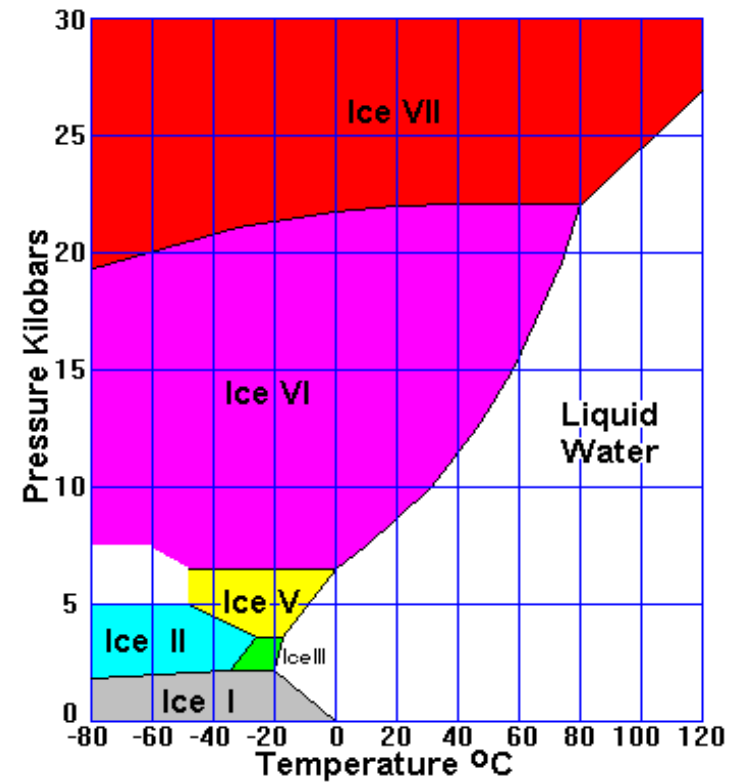
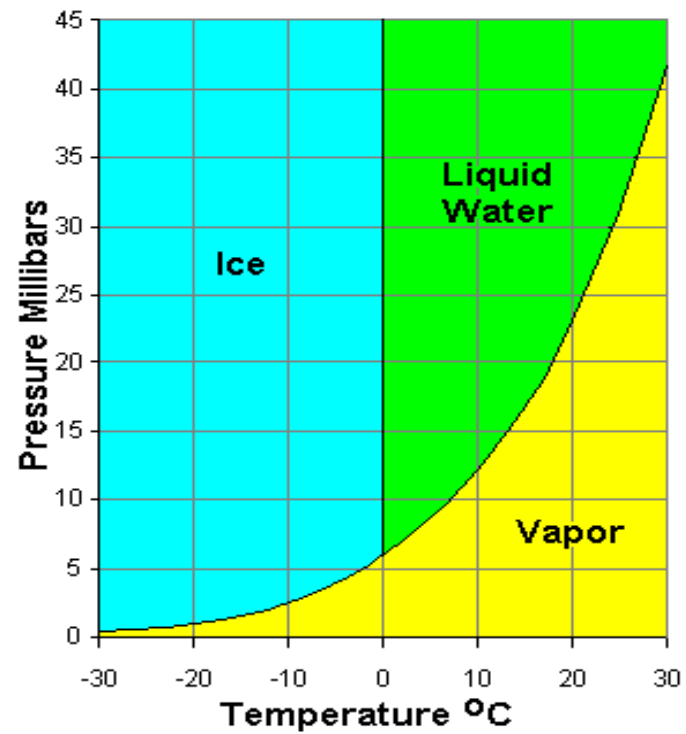
siły (wiązania) van der Waalsa (w kryształach cząsteczkowych, np. w suchym lodzie, gazach szlachetnych)

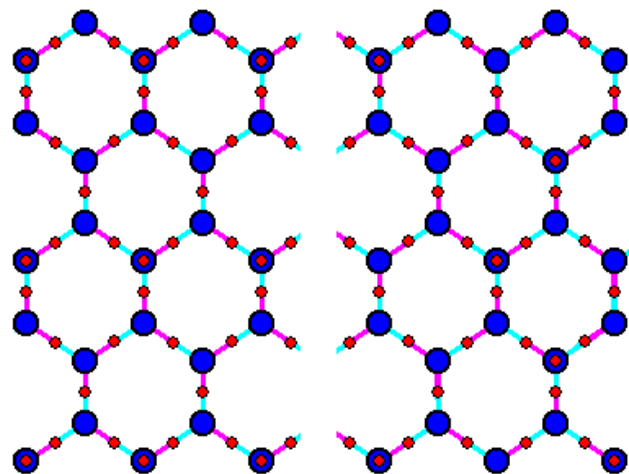


wiązania typowo kowalencyjne (np. w diamencie)

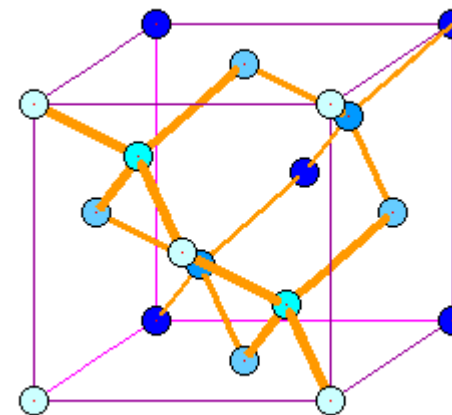


wiązania wodorowe (np. w lodzie)

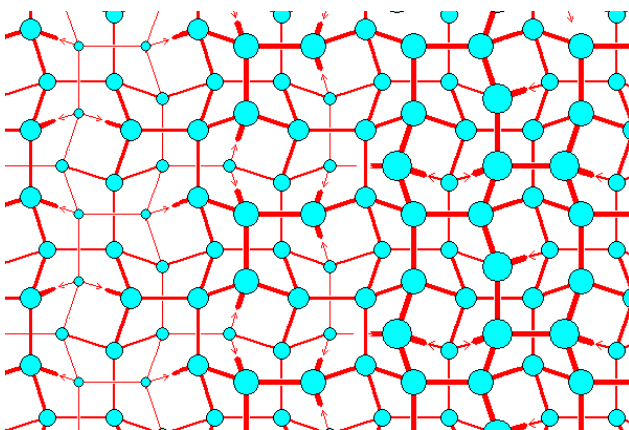




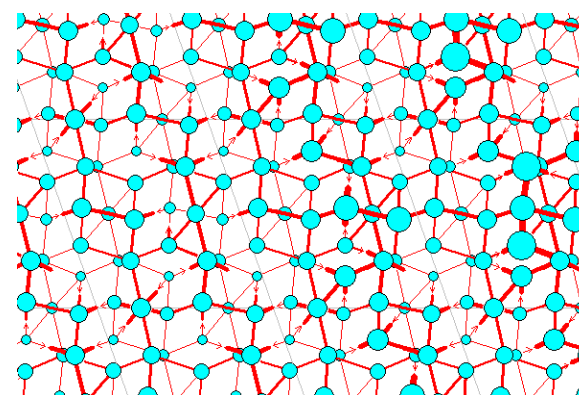
struktura heksagonalna



struktura diamentu (fcc)

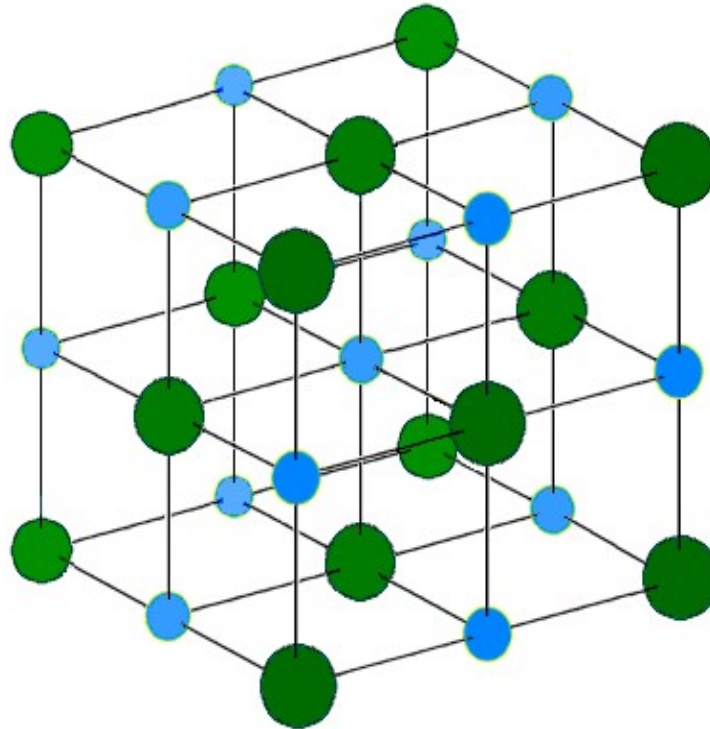


struktura tetragonalna



struktura jednoskošna (*monoclinic*)

silne oddziaływania elektrostatyczne (w kryształach jonowych, np. w chlorku sodu NaCl)

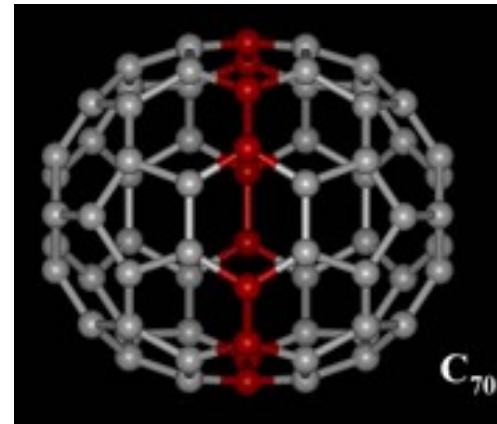
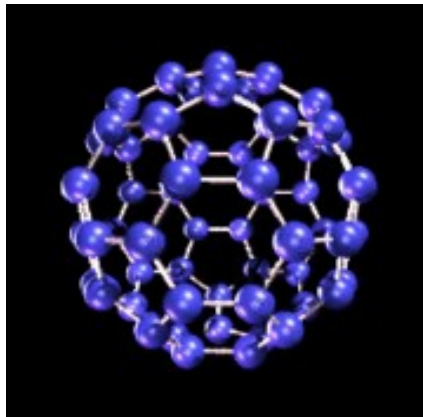
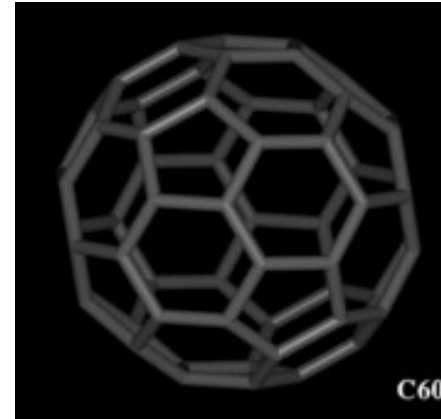
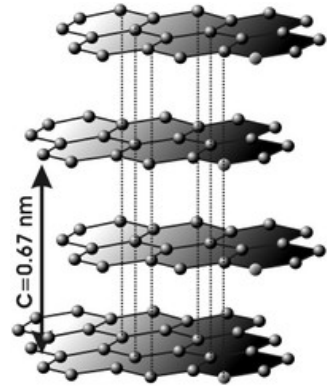


fcc:

Na (0, 0, 0)

Cl ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$)

Inne odmiany **słabych oddziaływań elektrostatycznych**: występują również swoiste "hybrydy", jak np. **grafit**, który posiada tzw. płaszczyzny grafenowe, w których między atomami występują silne **wiązania kowalencyjne**, natomiast oddziaływania między płaszczyznami mają charakter **sił van der Waalsa**.



Porządek strukturalny

materia krystaliczna (kryształy)

materia niekrystaliczna (amorfiki)

$$\mathbf{R} = n_1 \mathbf{a}_1 + n_2 \mathbf{a}_2 + n_3 \mathbf{a}_3$$



1848, Auguste Bravais (1811-1863)

w 3D istnieje tylko **7 klas i 14 możliwych rodzajów sieci** i nie więcej !!!

w 2D istnieją tylko **4 klasy i 5 możliwych rodzajów sieci**.

2D



Crystal family	Point group (Schönflies notation)	5 Bravais lattices	
		Primitive	Centered
Monoclinic	C_2	Oblique	
Orthorhombic	D_2	Rectangular	Centered rectangular
Hexagonal	D_6	Hexagonal	
Tetragonal	D_4	Square	

(ortho) rombowy, trygonalny lub romboedryczny

3D

Description of the **14 Bravais lattices** among the **7 crystal systems**

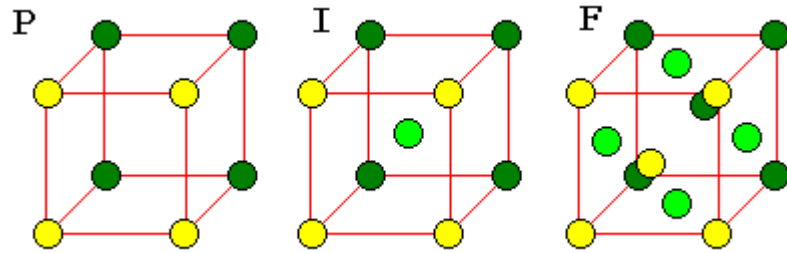
Crystal System	No.	Unit Cell	
<u>Triclinic</u>	1	<u>Primitive</u>	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$
<u>Monoclinic</u>	2	<u>Primitive</u>	$a \neq b \neq c$
	3	<u>Body Centered</u>	$\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$
	4	<u>Primitive</u>	
<u>Orthorhombic</u>	5	<u>Base Centered</u>	$a \neq b \neq c$
	6	<u>Body Centered</u>	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
	7	<u>Face Centered</u>	
<u>Tetragonal</u>	8	<u>Primitive</u>	$a = b \neq c$
	9	<u>Body Centered</u>	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
<u>Trigonal</u>	10	<u>Primitive</u>	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma < 120, \neq 90^\circ$
<u>Hexagonal</u>	11	<u>Primitive</u>	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$
<u>Cubic</u>	12	<u>Primitive</u>	
	13	<u>Body Centered</u>	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
	14	<u>Face Centered</u>	

Symbols

- P - *Primitive*: simple unit cell
- F - *Face-centered*: additional point in the center of each face
- I - *Body-centered*: additional point in the center of the cell
- C - *Centered*: additional point in the center of each end
- R - *Rhombohedral*: Hexagonal class only

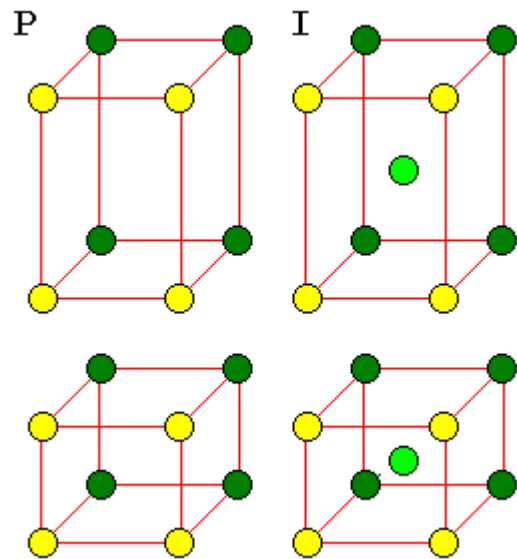
(ortho) rombowy, trygonalny lub romboedryczny

Isometric Cells



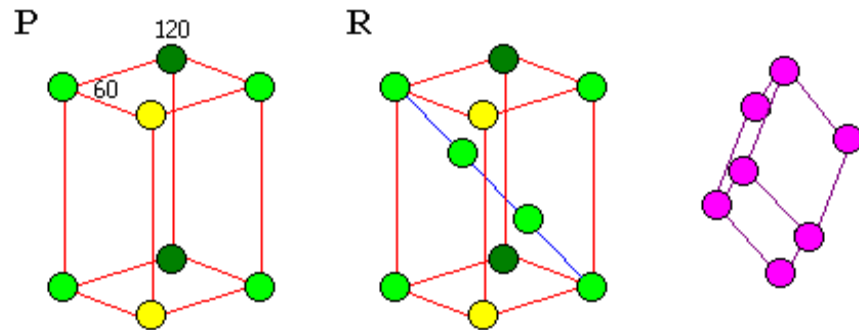
The F cell is very important because it is the pattern for cubic closest packing. There is no C cell because such a cell would not have cubic symmetry.

Tetragonal Cells



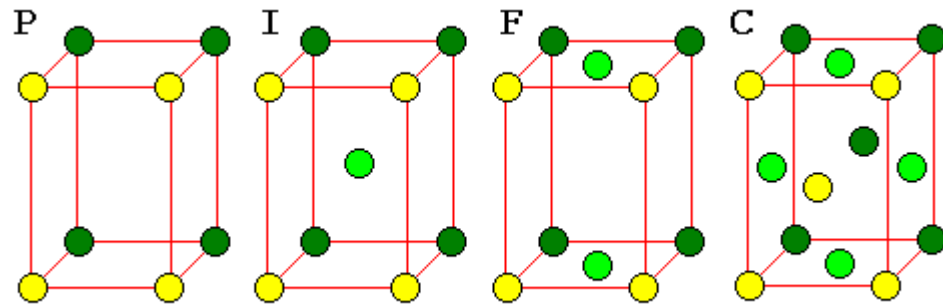
A C cell would simply be a P cell with a smaller cross-section. An F cell would reduce to a network of I cells.

Hexagonal Cells



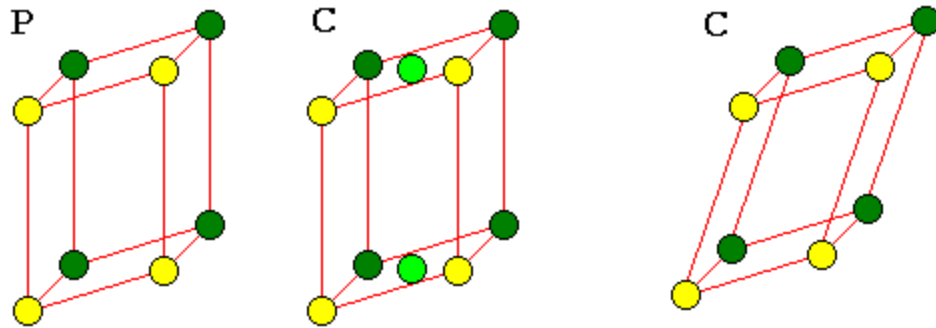
The R cell is unique to hexagonal crystals. The two interior points divide the long diagonal of the cell in thirds. This is the only Bravais lattice with more than one interior point. A rhombohedron can be thought of as a cube distorted along one of its diagonals.

Orthorhombic Cells



The orthorhombic class is the only one with all four types of Bravais lattice

Monoclinic and Triclinic Cells



Monoclinic F or I cells could also be represented as C cells. Any other triclinic cell can also be represented as a P cell.

Wielościan		Wierzchołków	Krawędzi	Ścian
tetrahedron		4	6	4
cube		8	12	6
octahedron		6	12	8
dodecahedron		20	30	12
icosahedron		12	30	20

Bryły Platónskie

(podstawa symetrycznego ułożenia materii w 3D)

Warunki:

1/ takie same ściany,

2/ taka sama liczba krawędzi dochodzi do każdego wierzchołka.

TYLKO 5 brył spełnia te kryteria.

problem dualności

