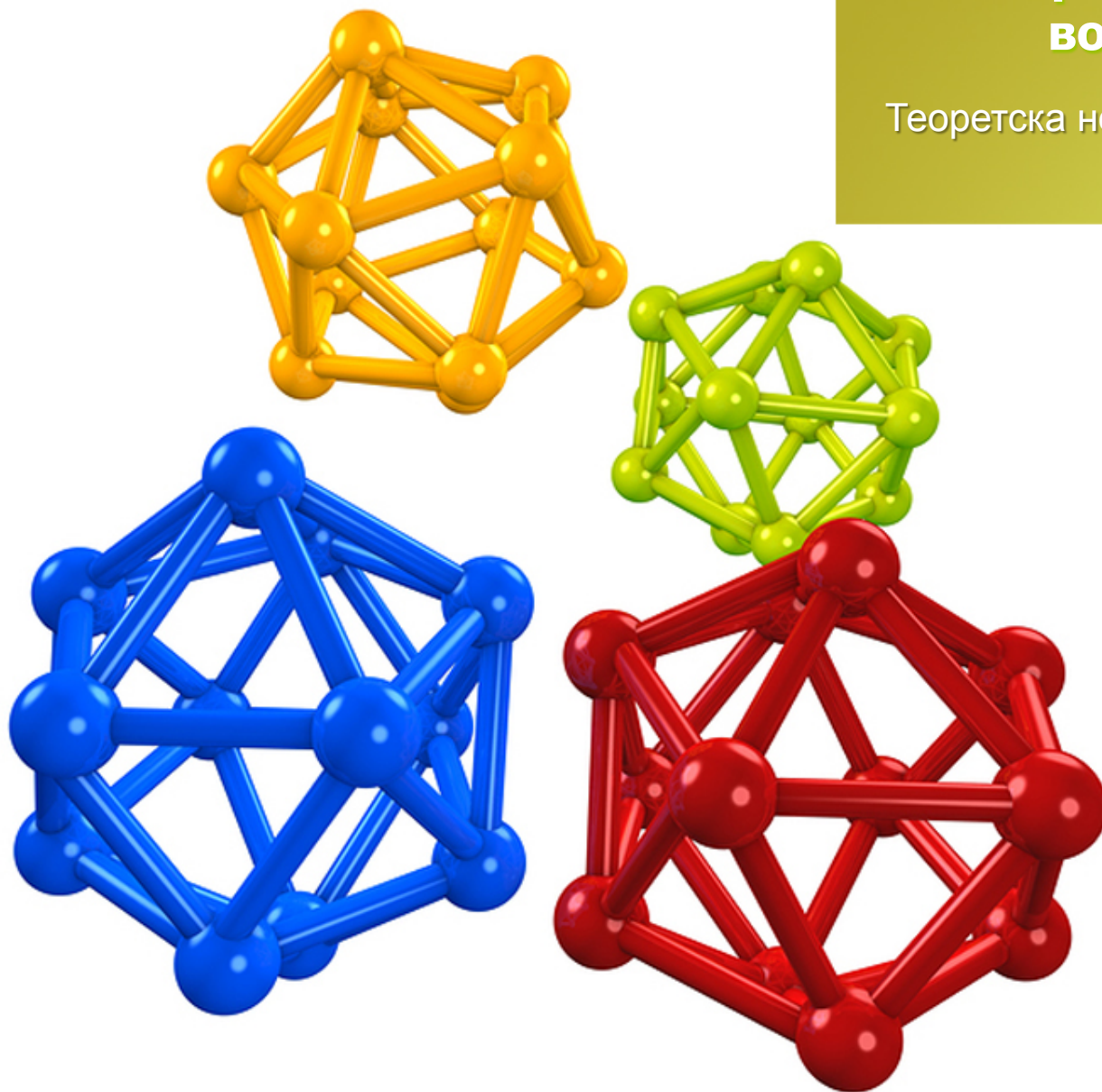


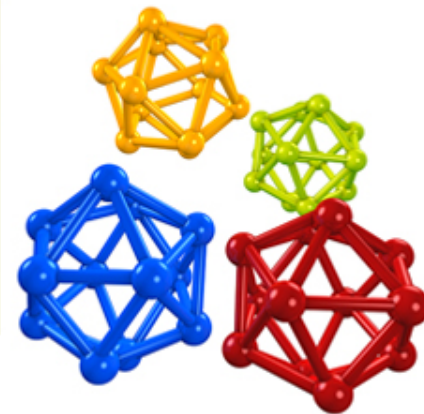
Неоргански супстанци во цврста фаза

Теоретска неорганска хемија (Глава 6)

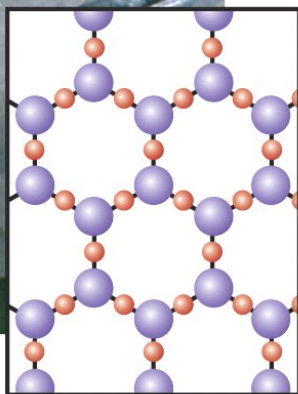
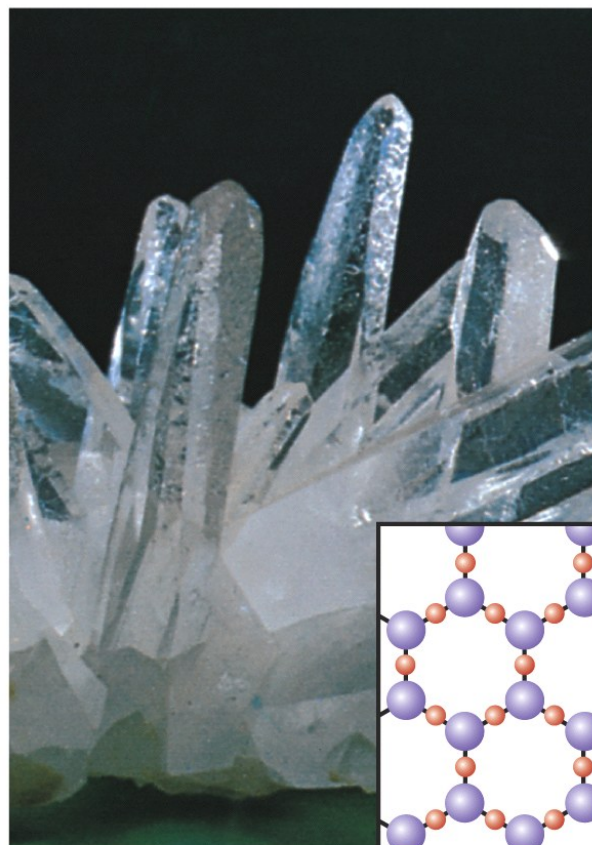


Кварц

Стакло

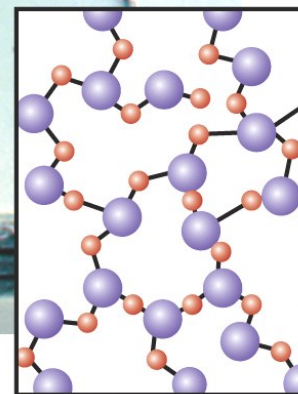
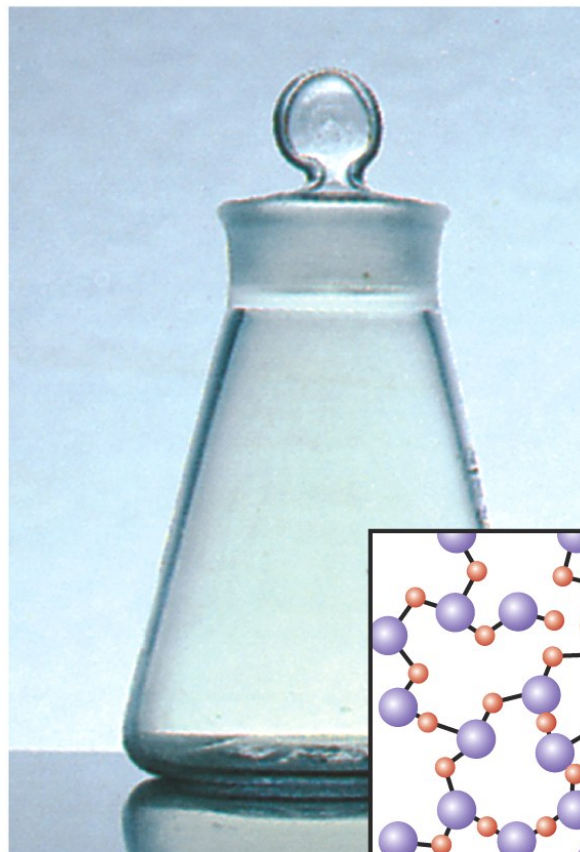


Средена мрежа од атоми

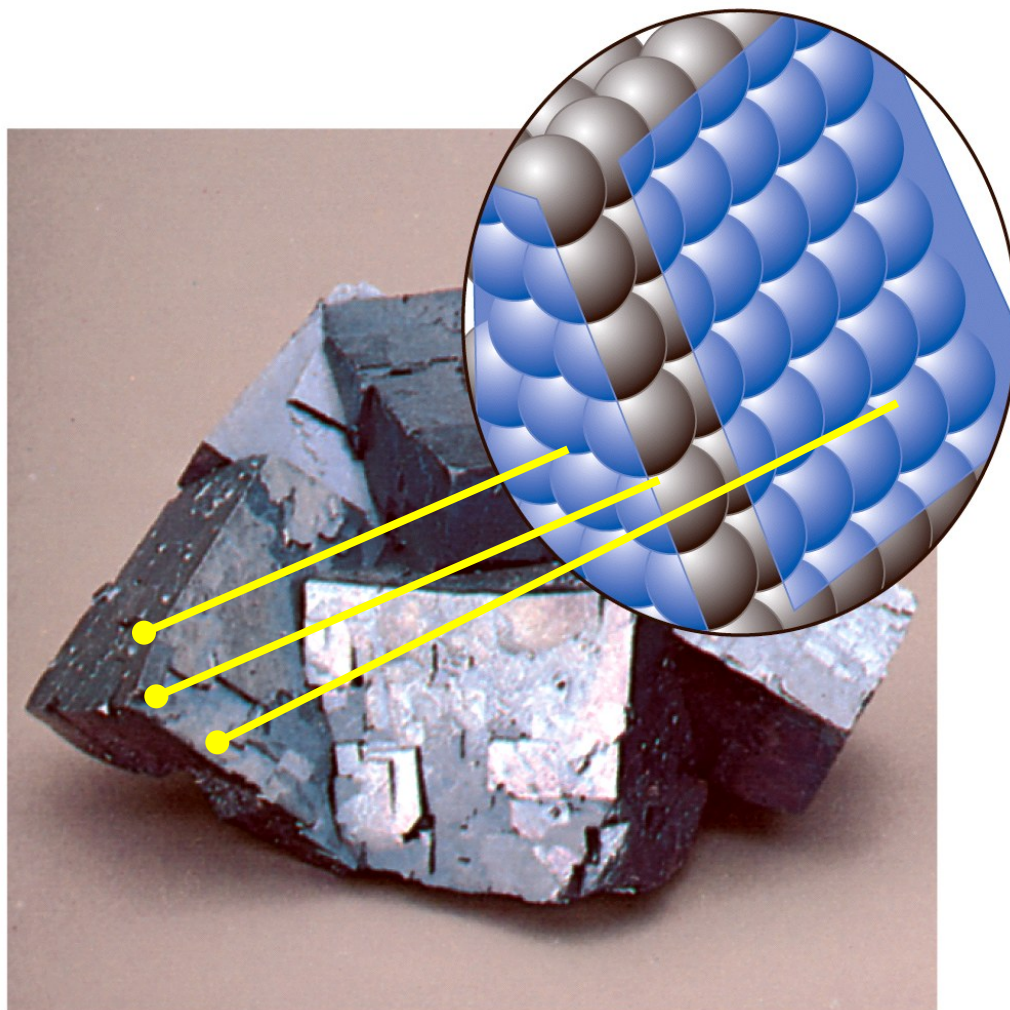
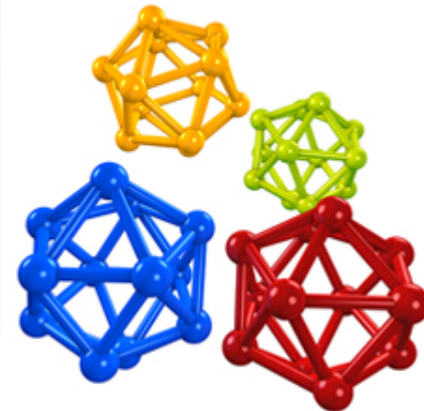


Кристална супстанца

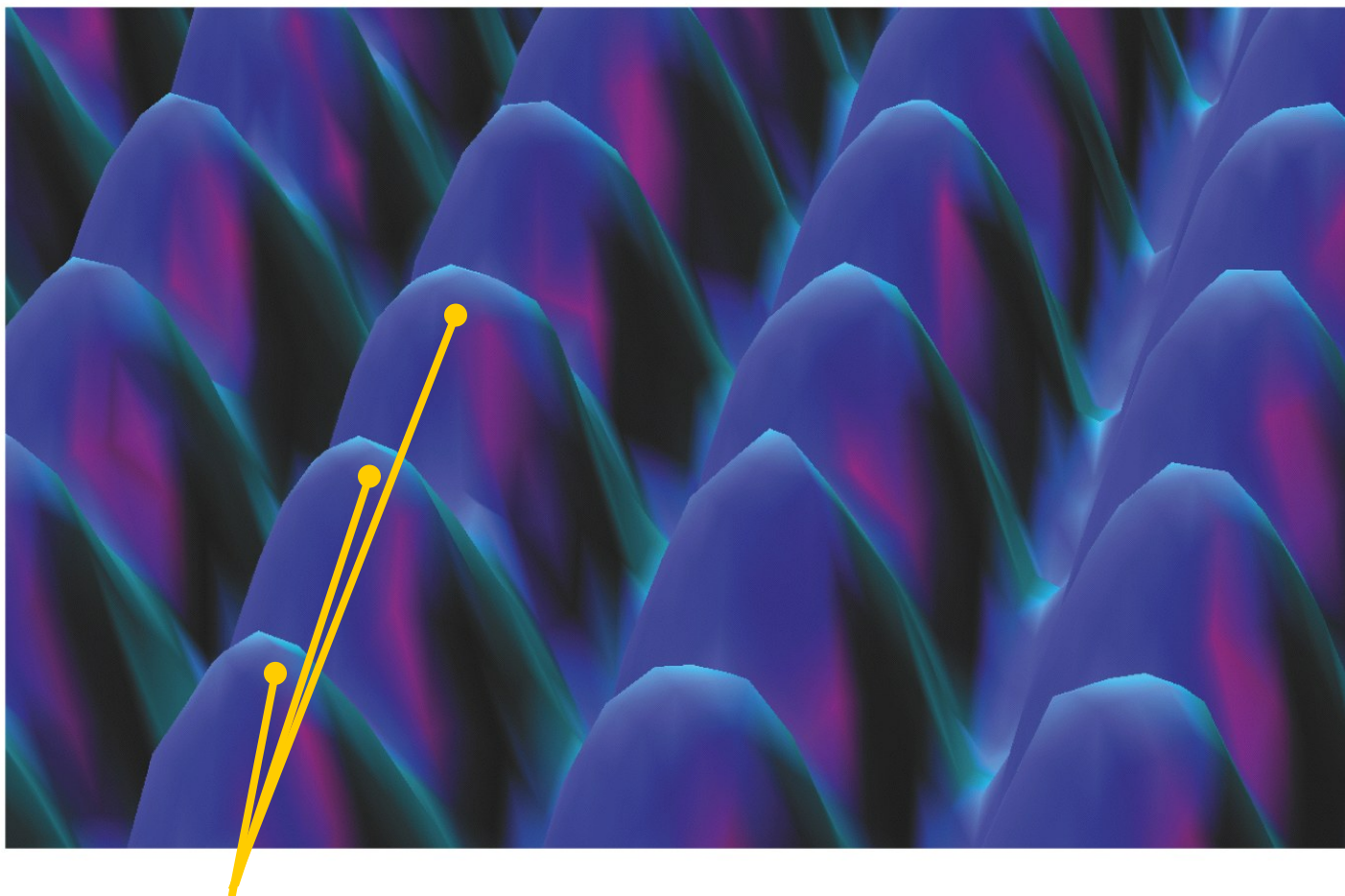
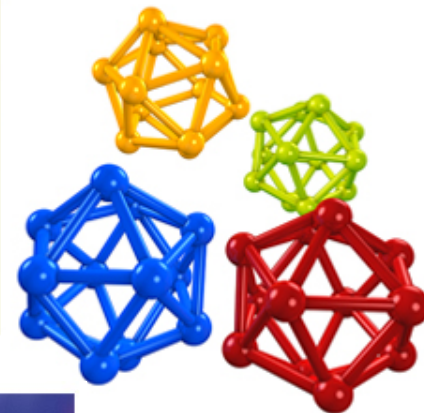
Несредена мрежа од атоми



Аморфна супстанца



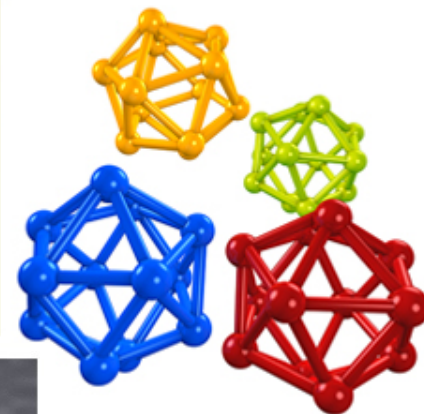
**Површини на
кристалите кои
се должат на
рамнините од атоми.**



Атоми на никел

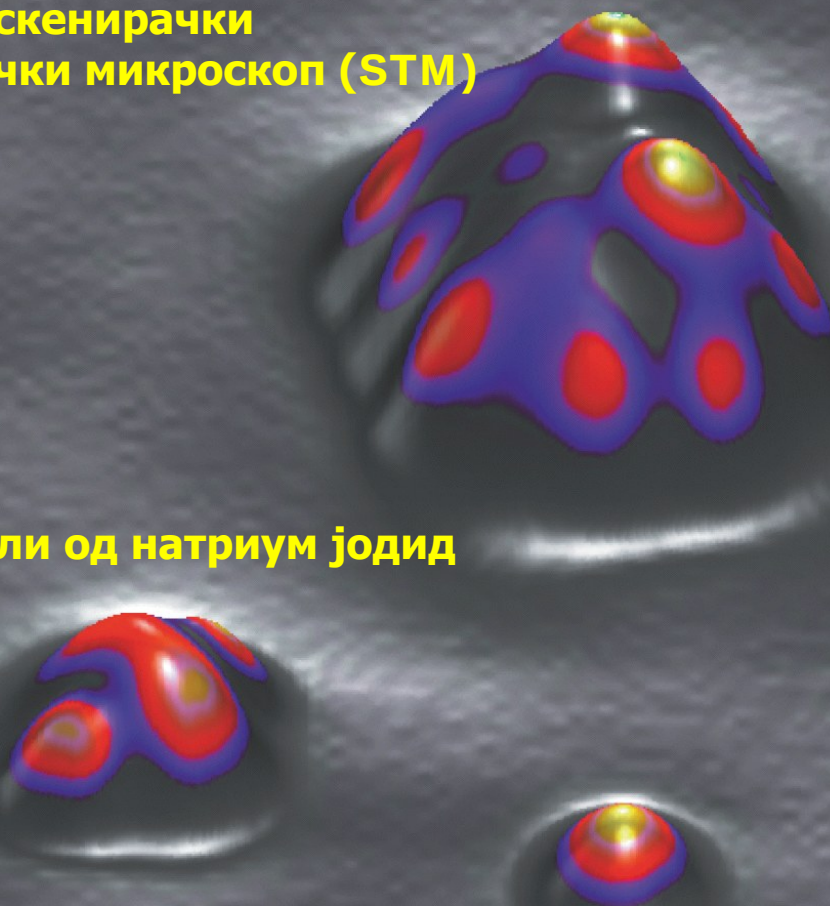
Кубична густо-пакувана кристална структура

Б. Пејова, Теоретска неорганска хемија, 2018/19

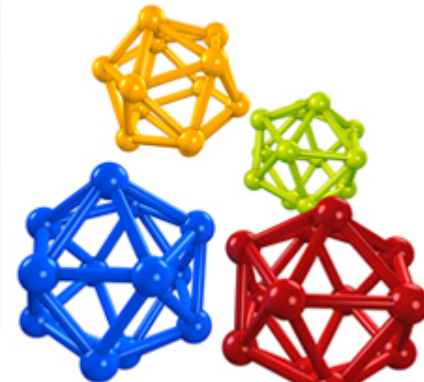


Компјутерски генерирана
слика од скенирачки
тунелирачки микроскоп (STM)

Кристали од натриум јодид



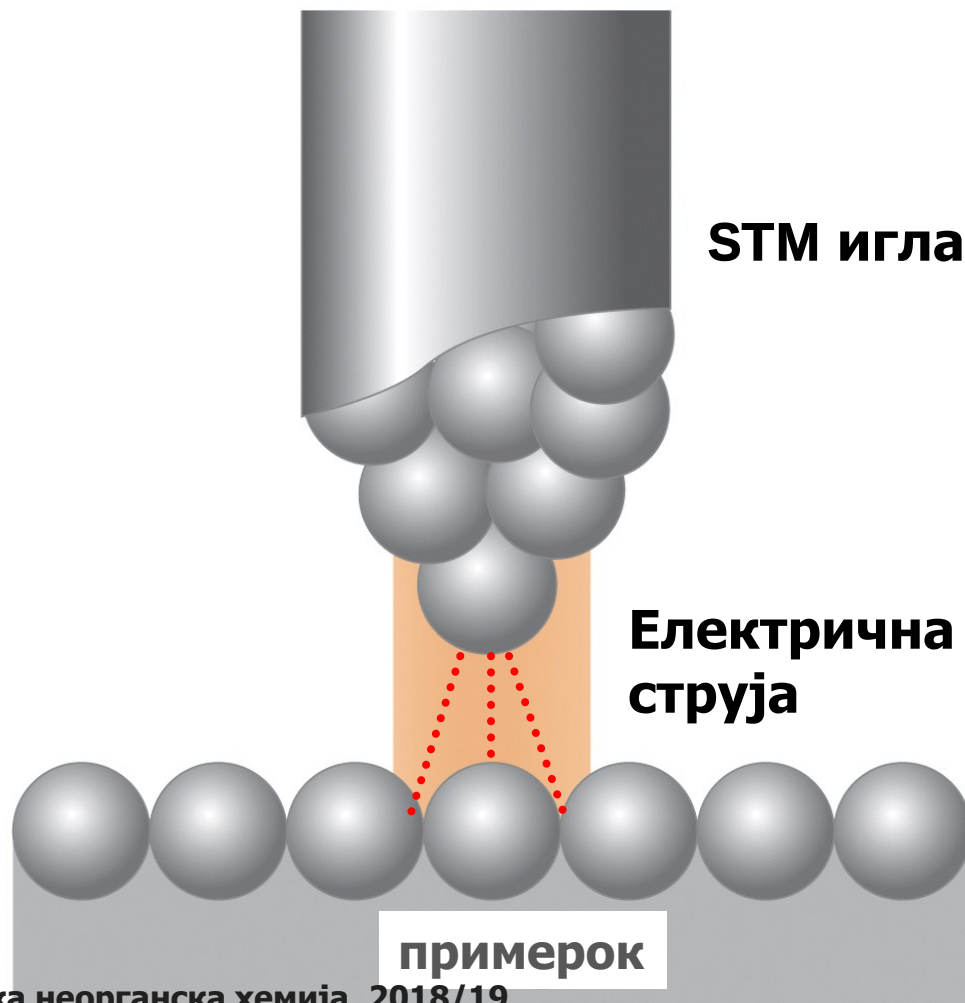
Скенирачки тунелирачки микроскоп



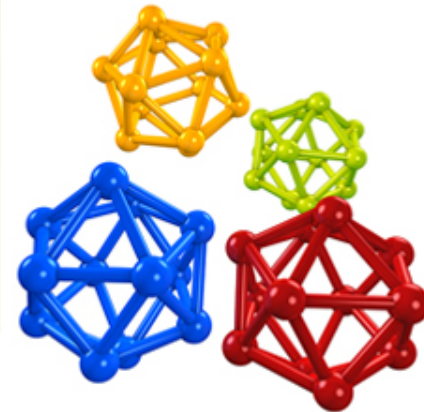
Микроскоп со скенирачка сонда

Го следи текот на електрони кои тунелираат меѓу сондата и површината на примерокот.

Јачината на електричната струја се менува како што се менува растојанието меѓу иглата и површината на примерокот.



Цврсти супстанци

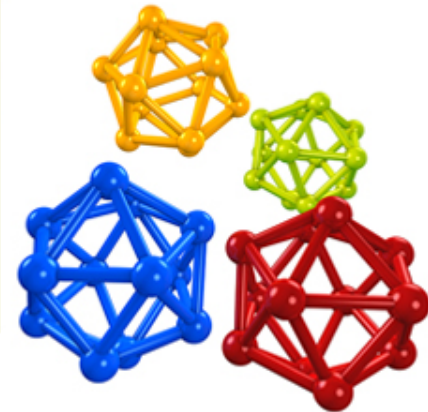


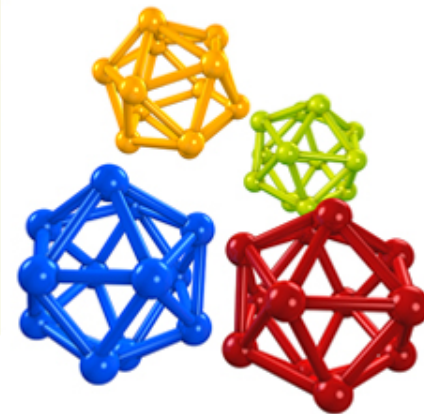
Аморфни супстанци

Кристални супстанци

- ✓ Молекулски
- ✓ Темелени на мрежа од ковалентно сврзани атоми
- ✓ Метали
- ✓ Јонски

Супстанции	примери	карактеристики
Метали	Метали од <i>s</i> и <i>d</i> - блокот	ковливи растегливи сјајни елктрични спроводници термички спроводници
Јонски	NaCl KNO ₃ CuSO ₄ ·5H ₂ O	цврсти ригидни кршливи високи $T_{\text{вриење}}$ и $T_{\text{топење}}$ спроводливи водни р-ри
Мрежа од ковалентно сврзани атоми	B C црн P BN SiO ₂	цврсти ригидни кршливи многу високи $T_{\text{топење}}$ нерастворливи во вода
Молекулски	BeCl ₂ S ₈ P ₄ I ₂ Мраз Глукоза Нафтален	рел. мали $T_{\text{вриење}}$ и $T_{\text{топење}}$ кршливи ако се чисти

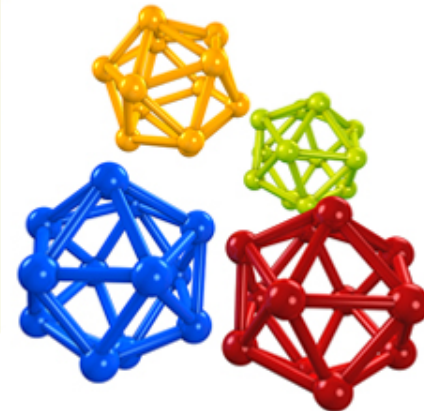




Неоргански супстанци во цврста фаза

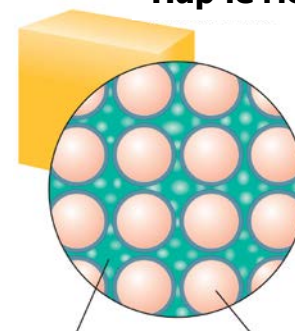
МЕТАЛИ

**Густо
подредување**



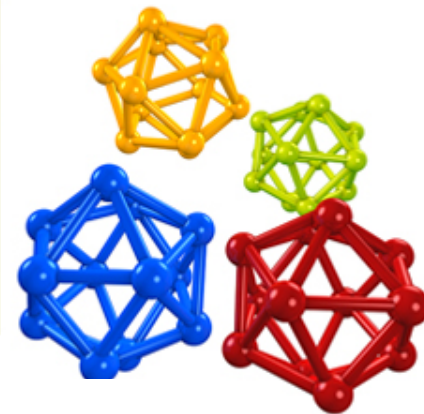
**Се среќава
кај металите**

Парче метал



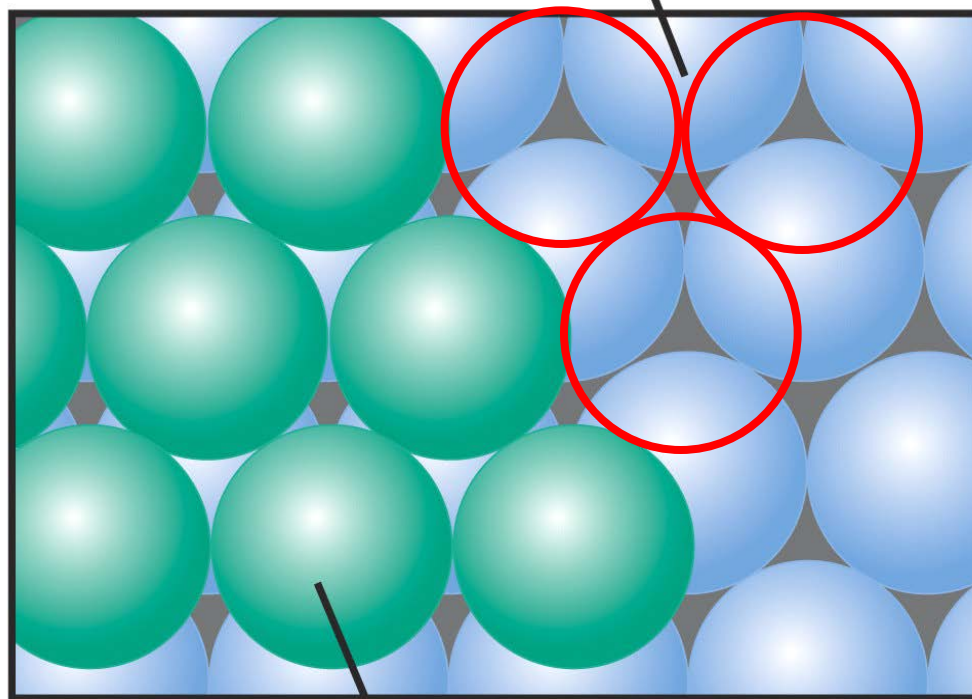
Море од електрони

Катјони



Слој А

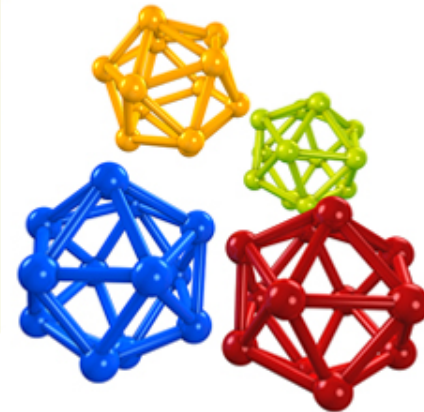
**Атомите од В
слојот се наоѓаат
над дел од
празнините од
слојот А.**



Слој В

Хексагонално-густо пакување

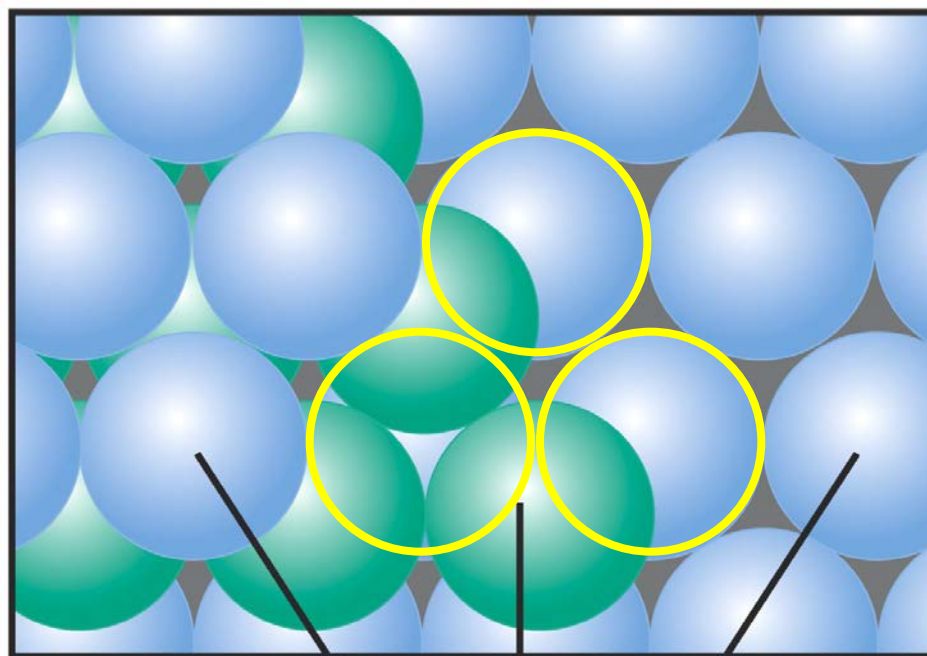
(**hcp**-hexagonally close-packed)



Секој атом има 12 соседни атоми:

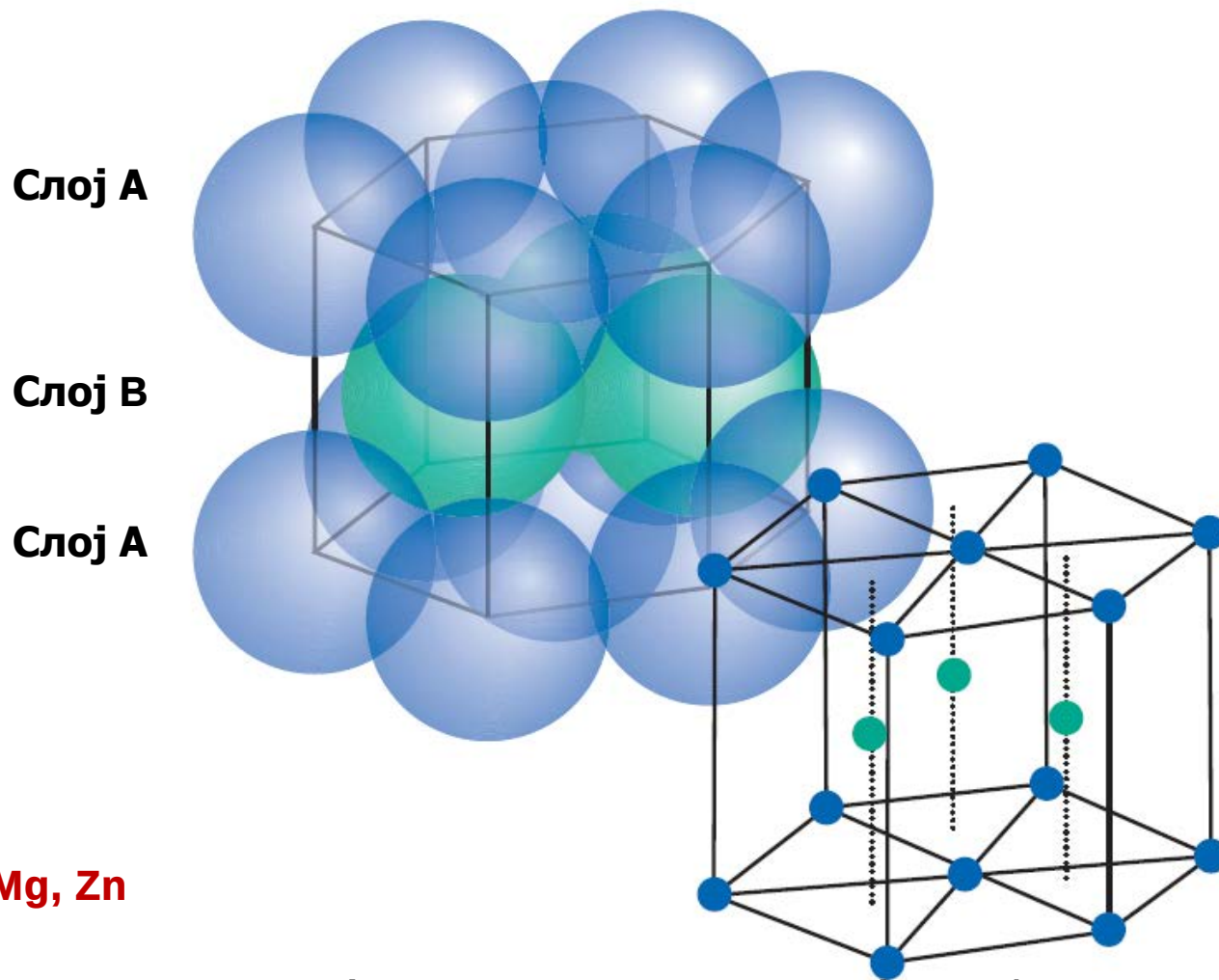
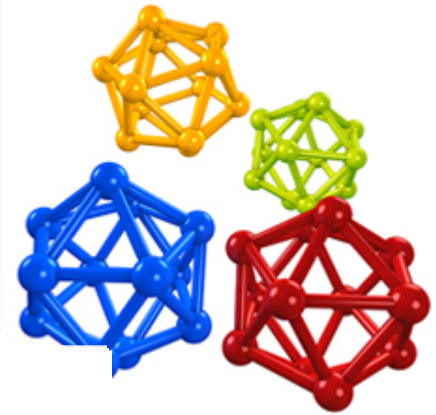
- 3 во рамнината под
- 6 во истата рамнина
- 3 во рамнината над

Третиот слој е директно над слојот А.



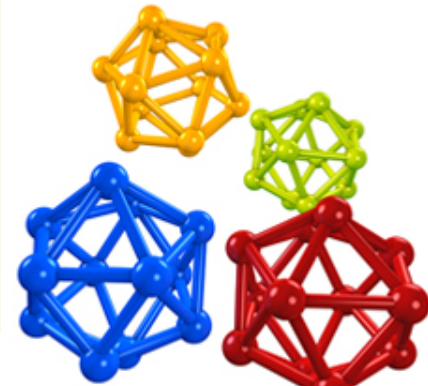
Слоеви: **A B A**

Хексагонално-густо пакување



Примери: Mg, Zn

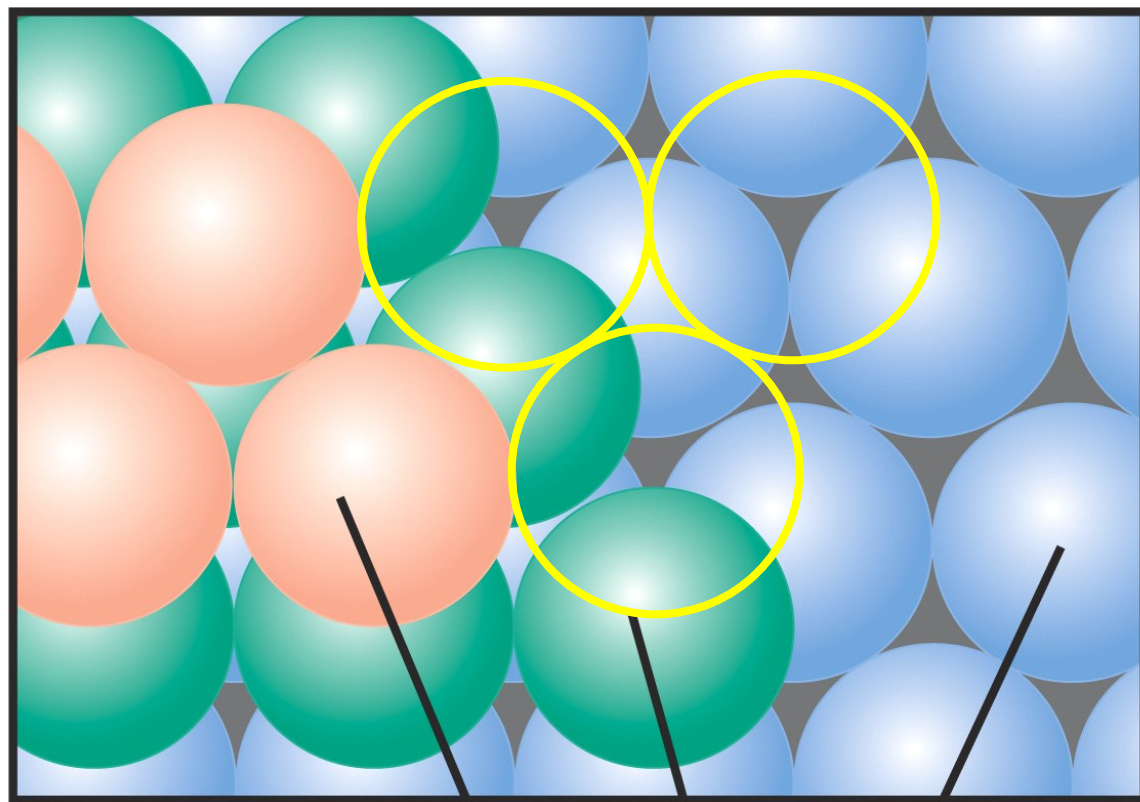
Кубично-густо пакување ССР – cubic close-packed)



Секој атом има 12 соседни атоми:

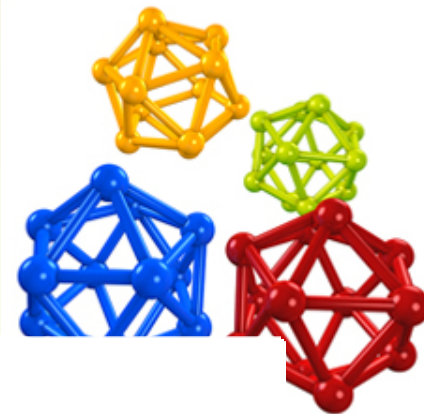
- 3 во рамнината под
- 6 во истата рамнина
- 3 во рамнината над

Атомите од слојот С се наоѓаат над празнините од слојот А кои не се покриени со атомите од слојот В.

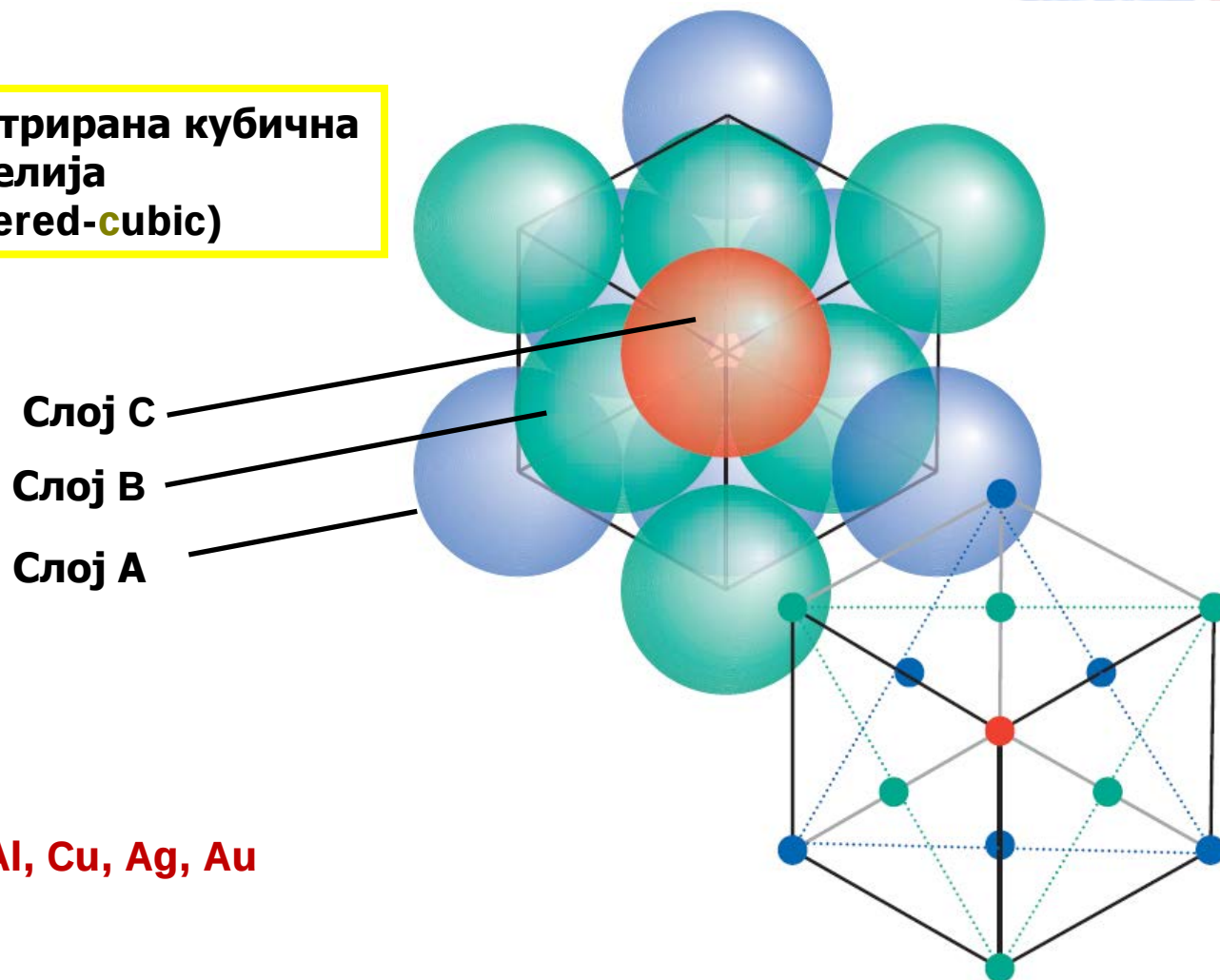


Слоеви: С В А

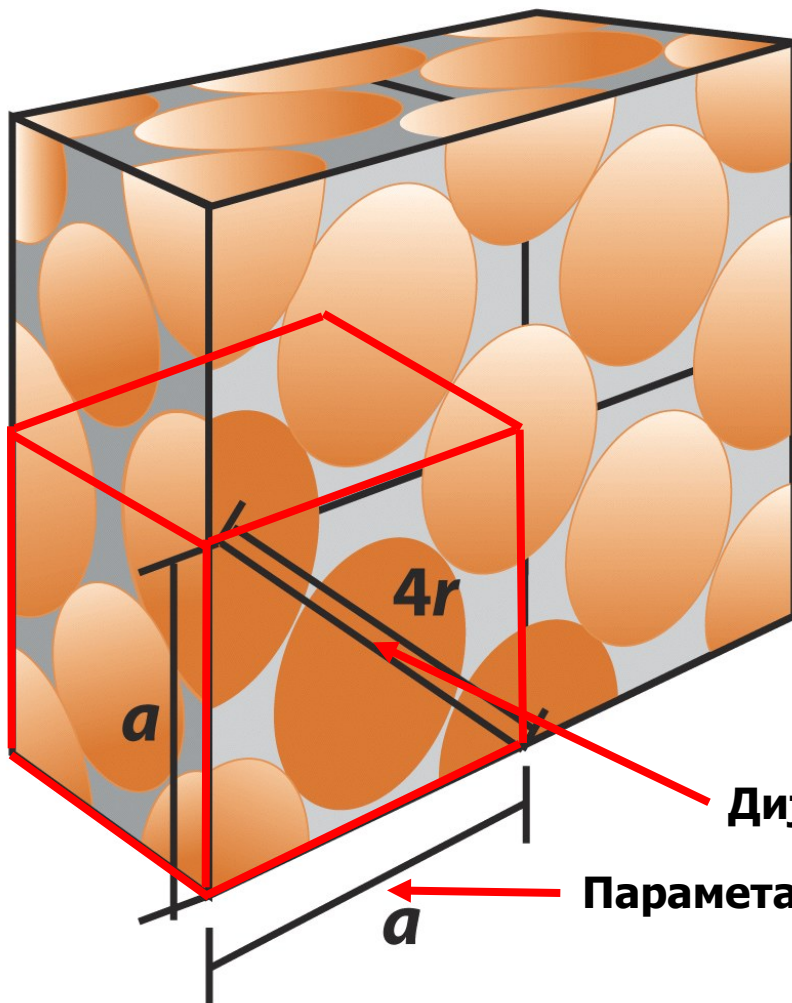
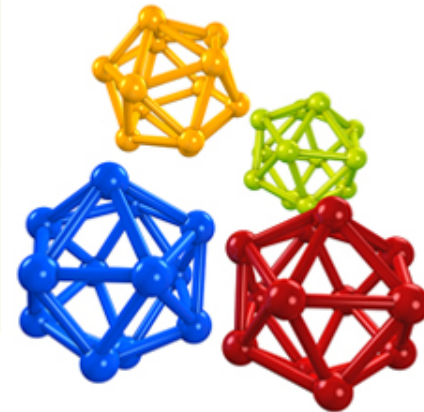
Кубично-густо пакување



Странично-центрирана кубична
елементарна ќелија
(fcc – face centered-cubic)



Примери: Al, Cu, Ag, Au

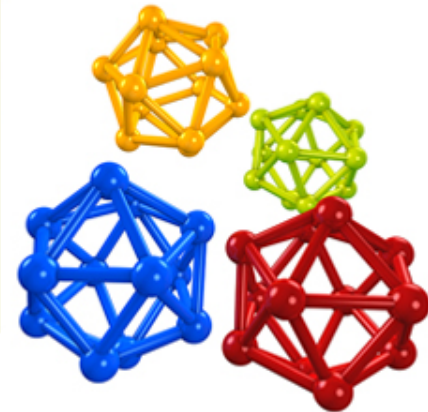


Елементарна ќелија

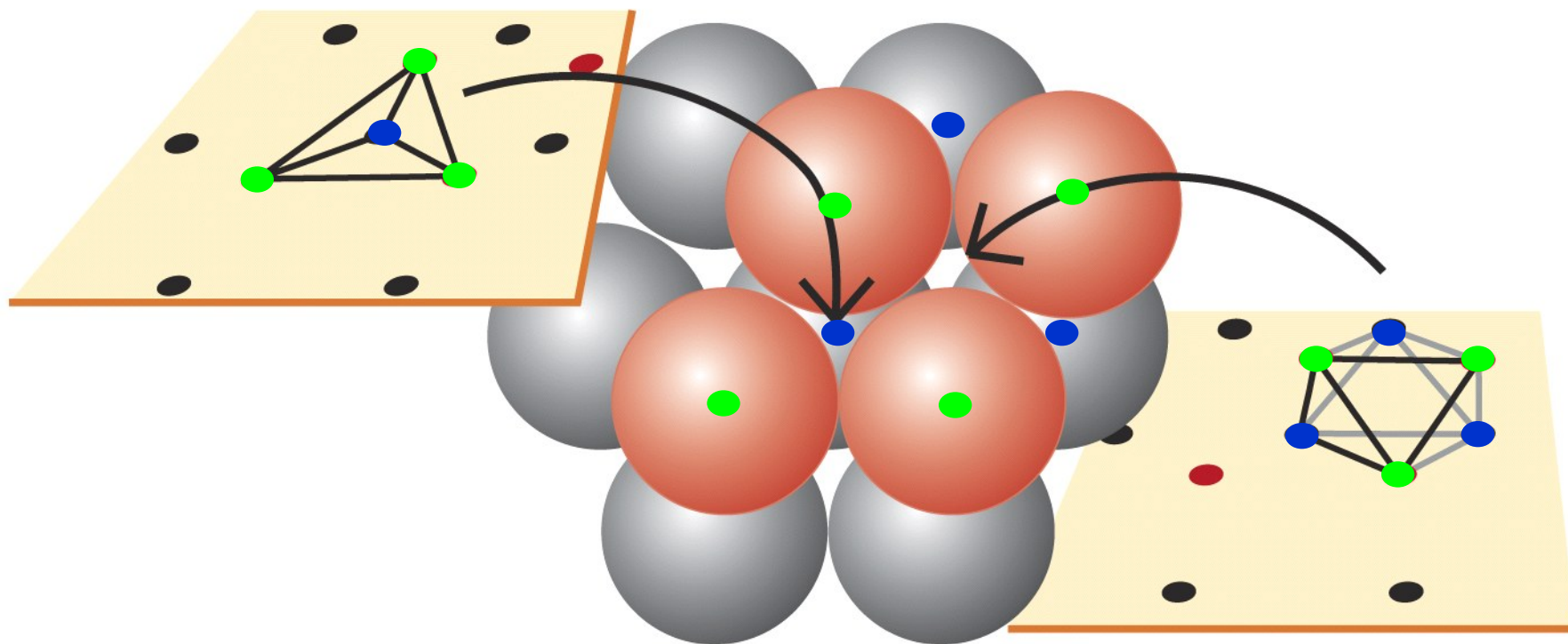
Дијагонала на страната

Параметар на елементарната ќелија

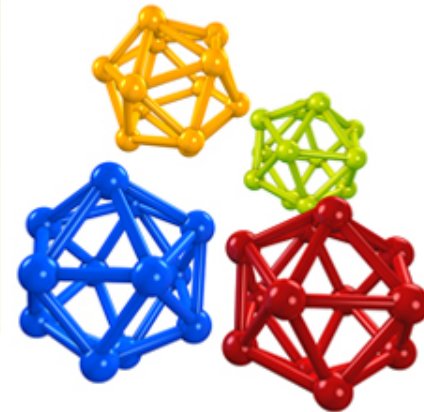
Празнини во густо-пакуваните структури



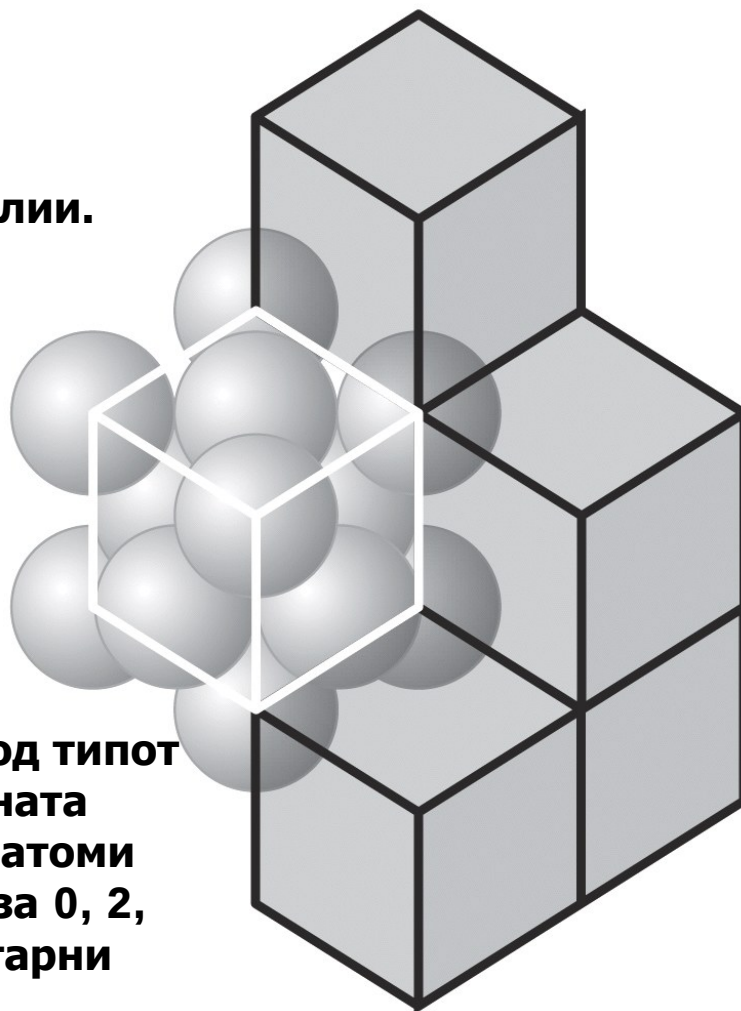
(a) Тетраедарска празнина



(b) Октаедарска празнина



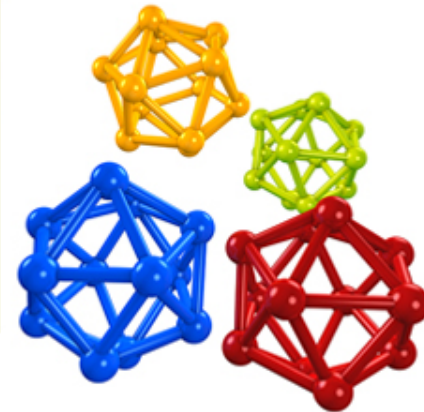
**Кристалите
се изградени
од подредени
елементарни ќелии.**



**Некои атоми
се споделени
од страна на
неколку
елементарни
ќелии.**

**Во зависност од типот
на елементарната
ќелија, некои атоми
се заеднички за 0, 2,
или 8 елементарни
ќелии.**

Волумно-центрирана кубична елементарна ќелија (bcc – **b**ody **c**entered-**c**ubic)

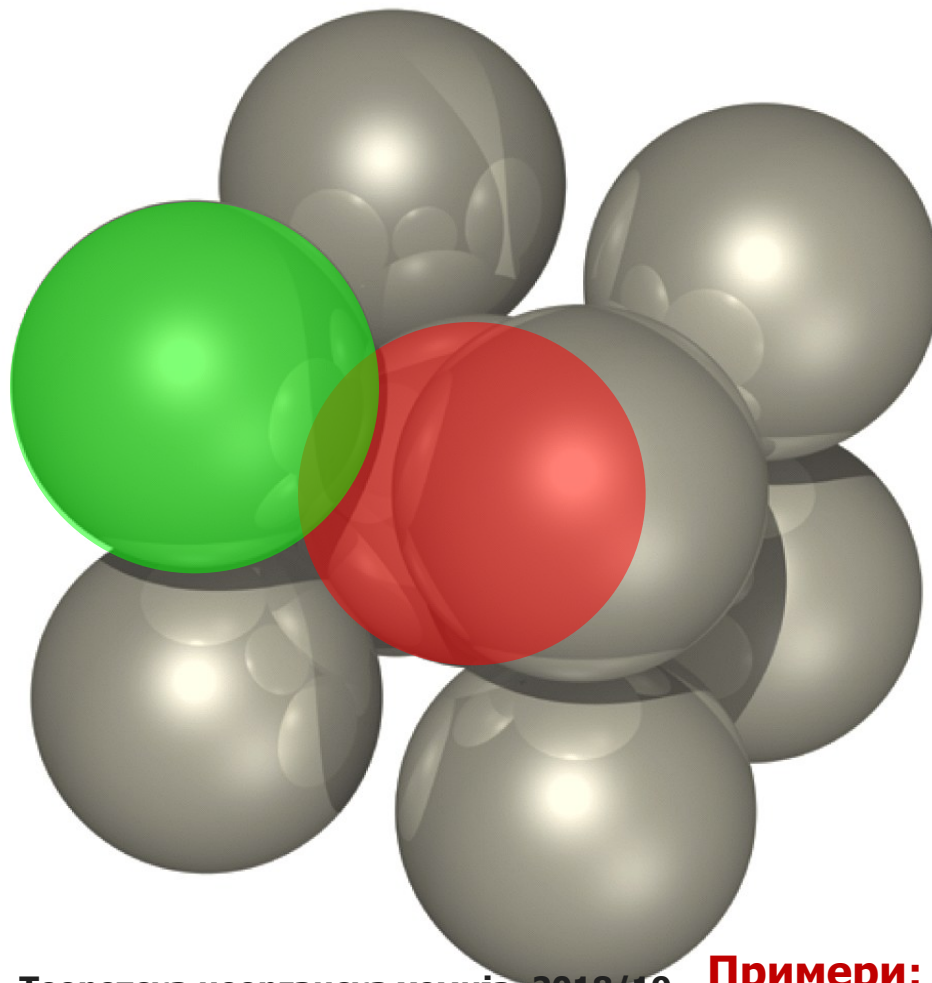


Негусто пакувана структура
(КБ = 8)

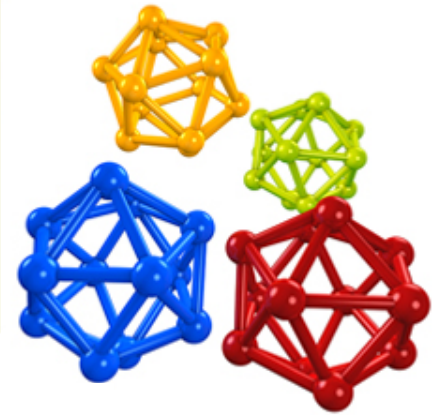
Пакувањето не е
толку густо како
кај другите
елементарни
ќелии.

Централниот атом
припаѓа само на
оваа елементарна
ќелија.

Атомите на
темињата се
заеднички за
осум елементарни
ќелии.



Примитивна кубична елементарна ќелија (cubic-P)

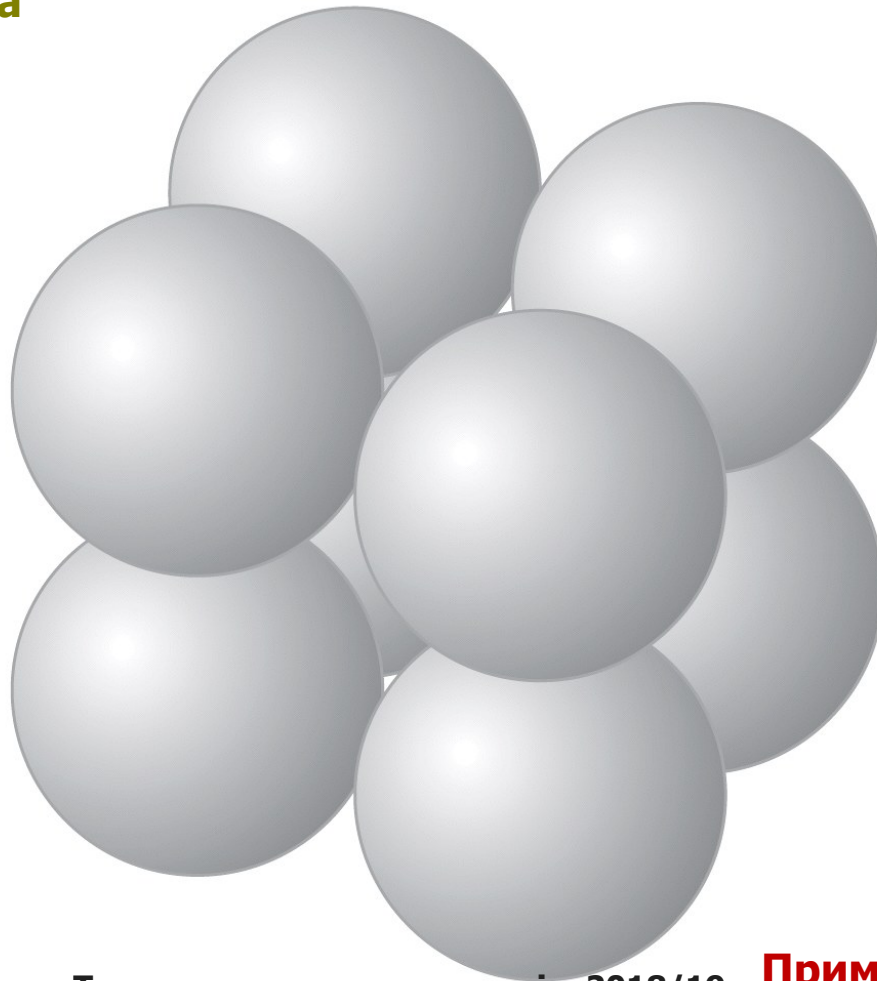


**Негусто пакувана структура
(КБ = 6)**

**Пакувањето не е
толку густо како
кај другите
елементарни
ќелии.**

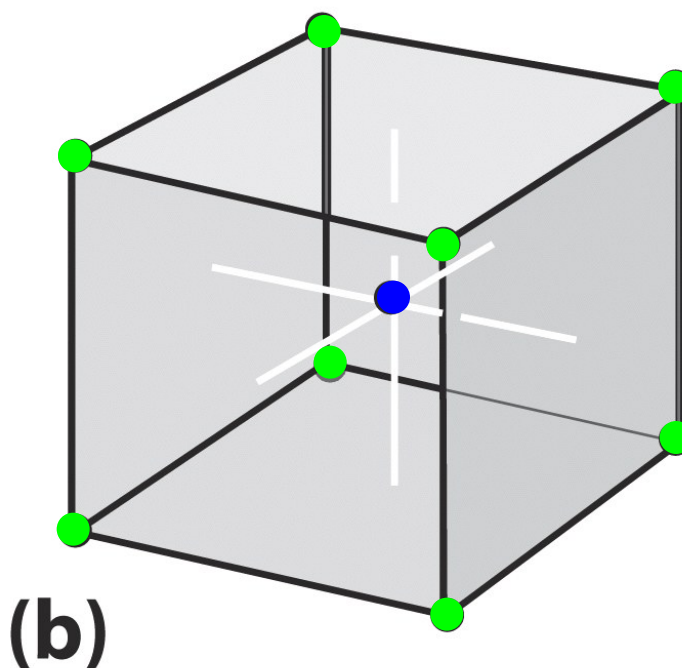
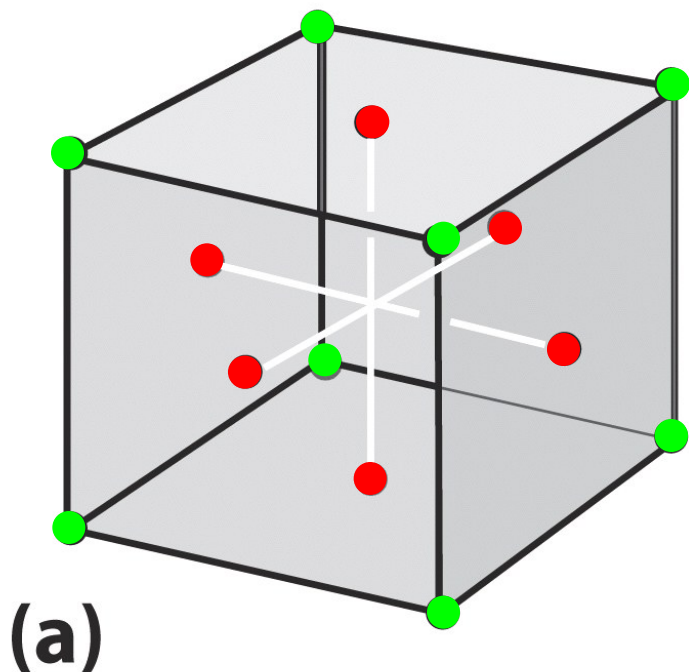
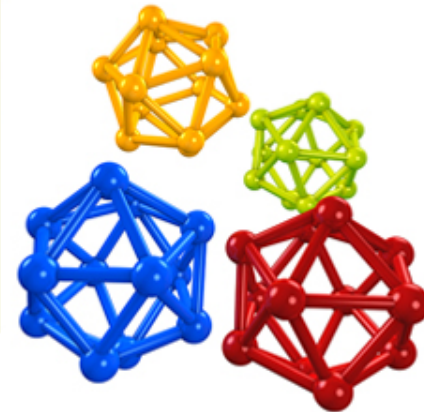
**Секој атом е
заеднички за
осум елементарни
ќелии.**

**Овој тип на
елементарна
ќелија е редок;
постои кај
полониумот**



**Кубично густо-пакување
(странично центрирана кубична
елементарна ќелија)**

**Волумно-центрирана
елементарна ќелија**



Заеднички за две елементарни ќелии

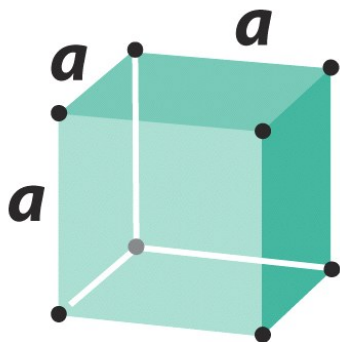
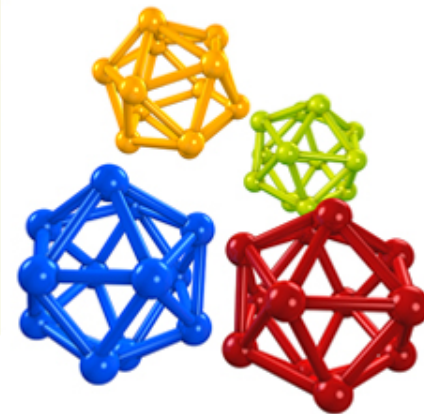
припаѓа само на една елементарна ќелија

Заеднички за осум елементарни ќелии

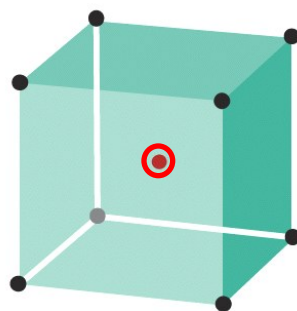
примитивна

волумно-центрирана

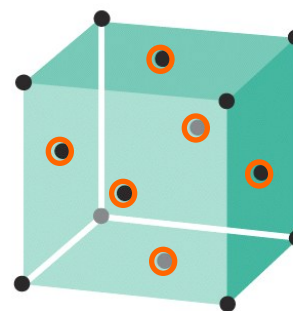
странично-центрирана



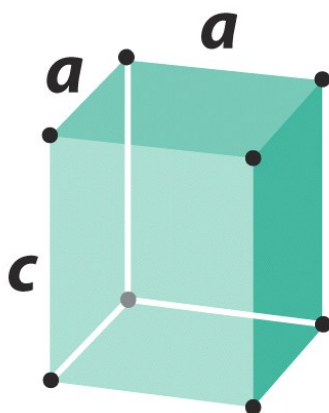
КУБИЧНА Р



КУБИЧНА I

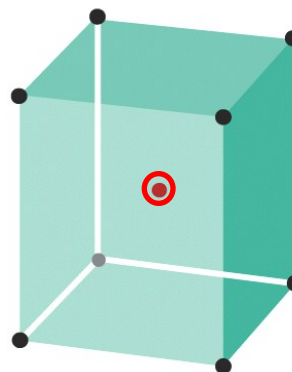


КУБИЧНА F



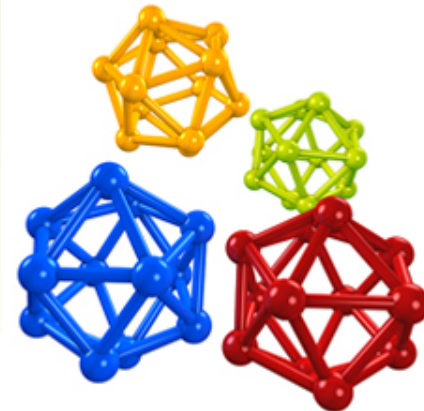
ТЕТРАГОНАЛНА Р

примитивна

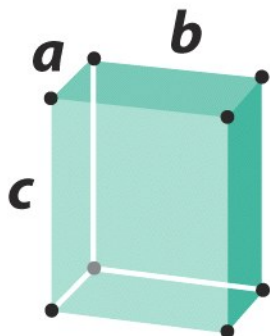


ТЕТРАГОНАЛНА I

волумно-центрирана

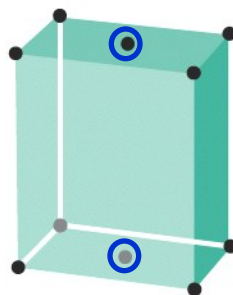


примитивна



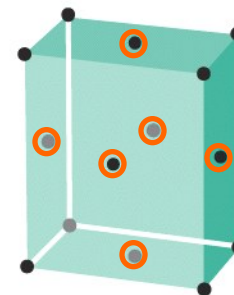
ОРТОРОМБИЧНА Р

волумно
центрирана

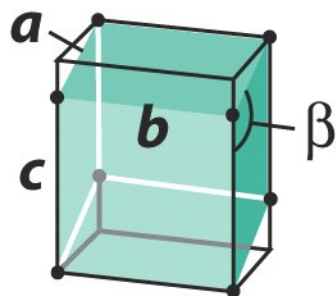


ОРТОРОМБИЧНА С

странично
центрирана

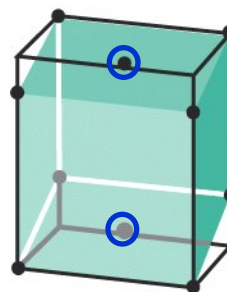


ОРТОРОМБИЧНА F

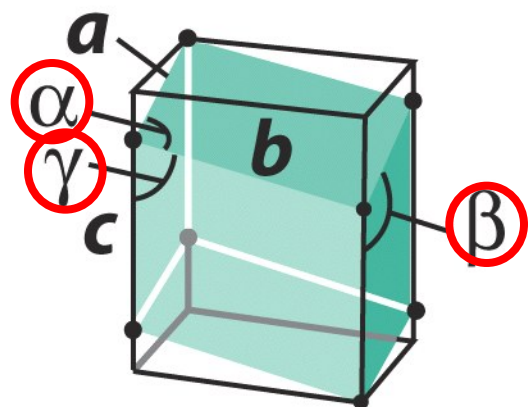
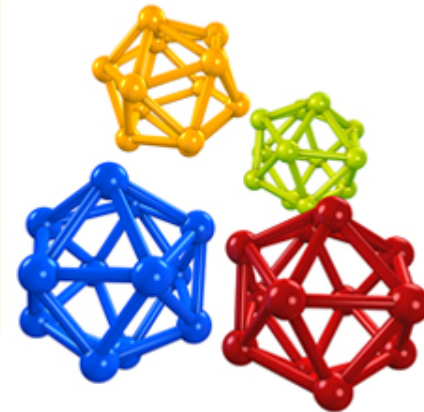


МОНОКЛИНИЧНА Р

примитивна

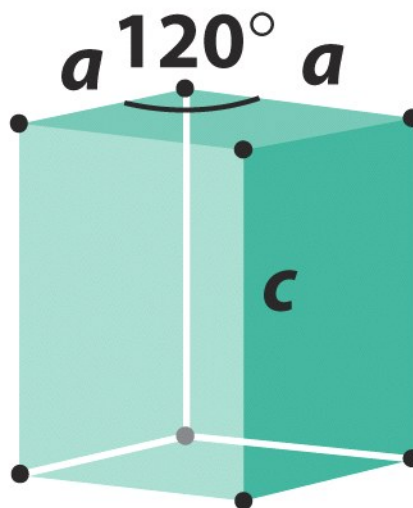


МОНОКЛИНИЧНА С

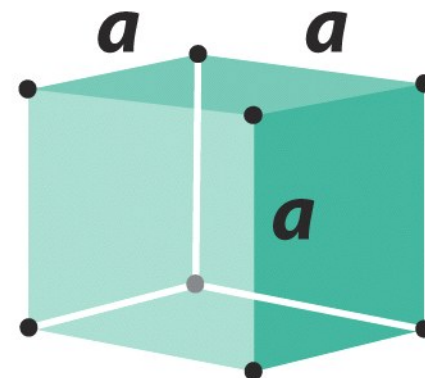


ТРИКЛИНИЧНА

Три различни агли
Три различни страни



ХЕКСАГОНАЛНА

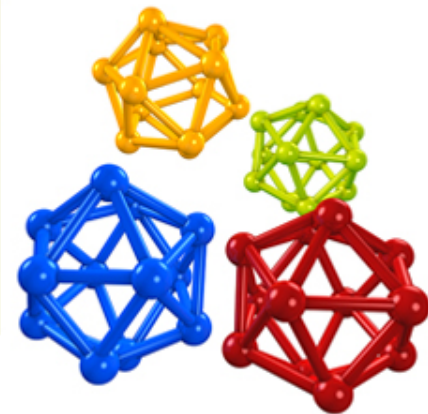


ТРИГОНАЛНА R

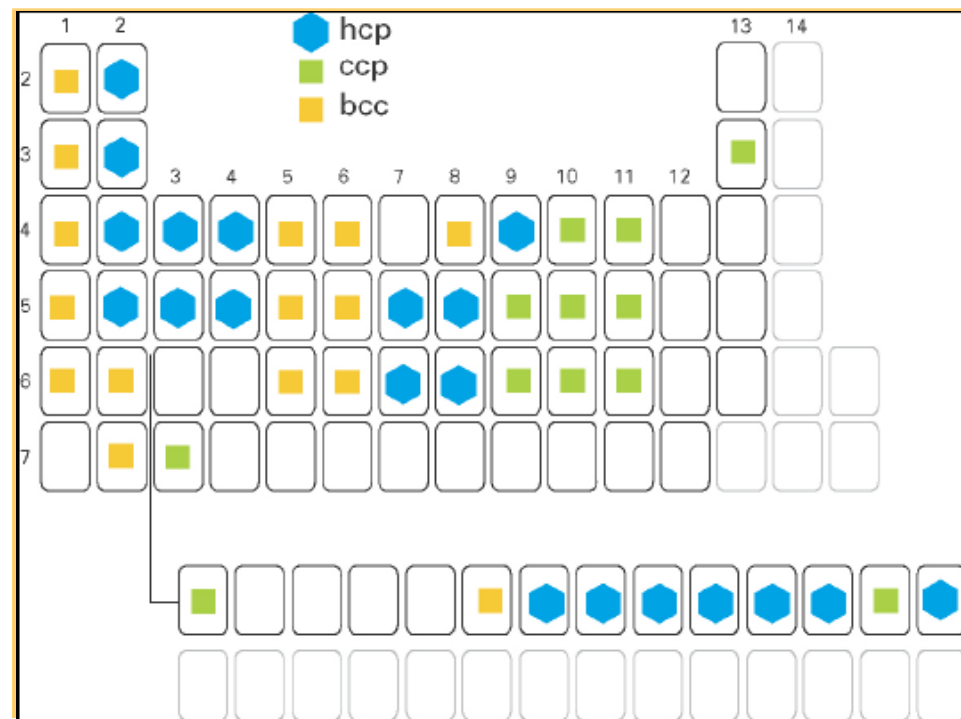
ромбоедар

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

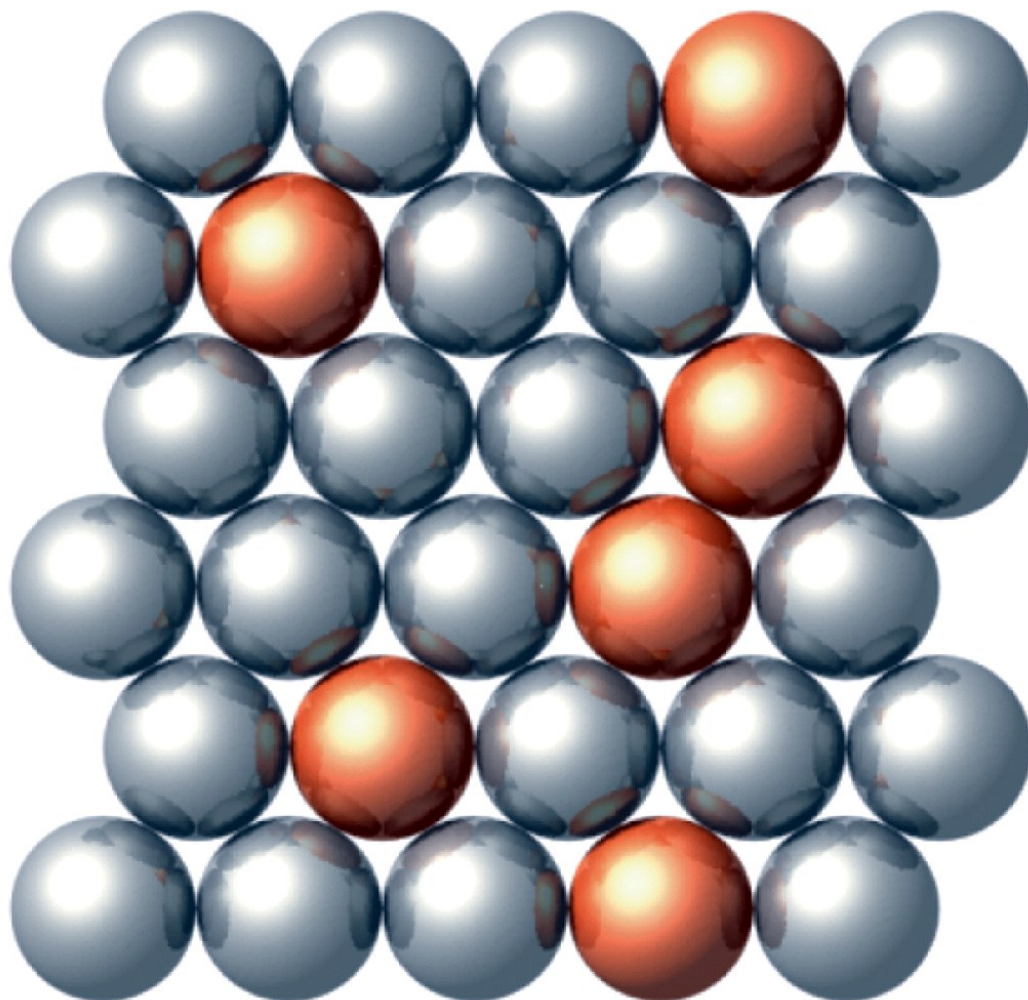
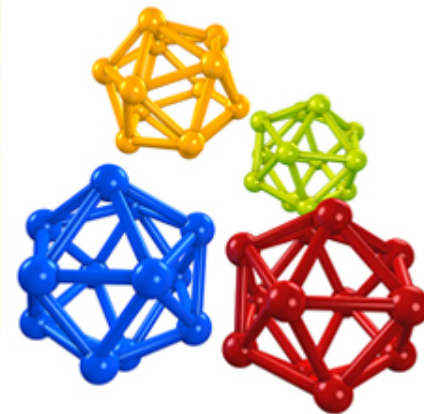
Структури на металите на собна температура



Кристална структура	Елементарна ќелија	метал
Хексагонал на (hcp)		Be, Cd, Co, Mg, Ti, Zn
Кубична (fcc)	fcc	Ag, Au, Al, Ca, Cu, Ni, Pd, Pt
Кубична	bcc	Ba, Cr, Fe, W, алкални метали
Кубична	кубична примитивна	Po



Легури

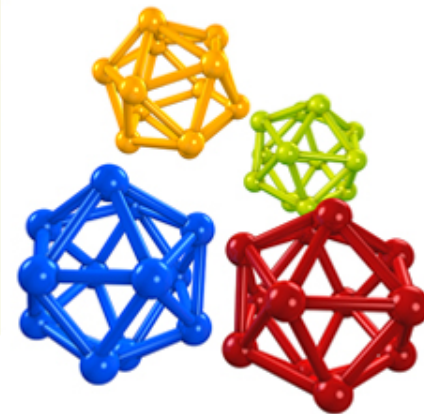


Легура од супституцијален тип

Атомите, прикажани со црвени сфери, ги заземаат местата на атомите на домаќинот, прикажани со сиви сфери.

**Според димензиите, атомите се слични.
Пример: легура на Cu и Zn**

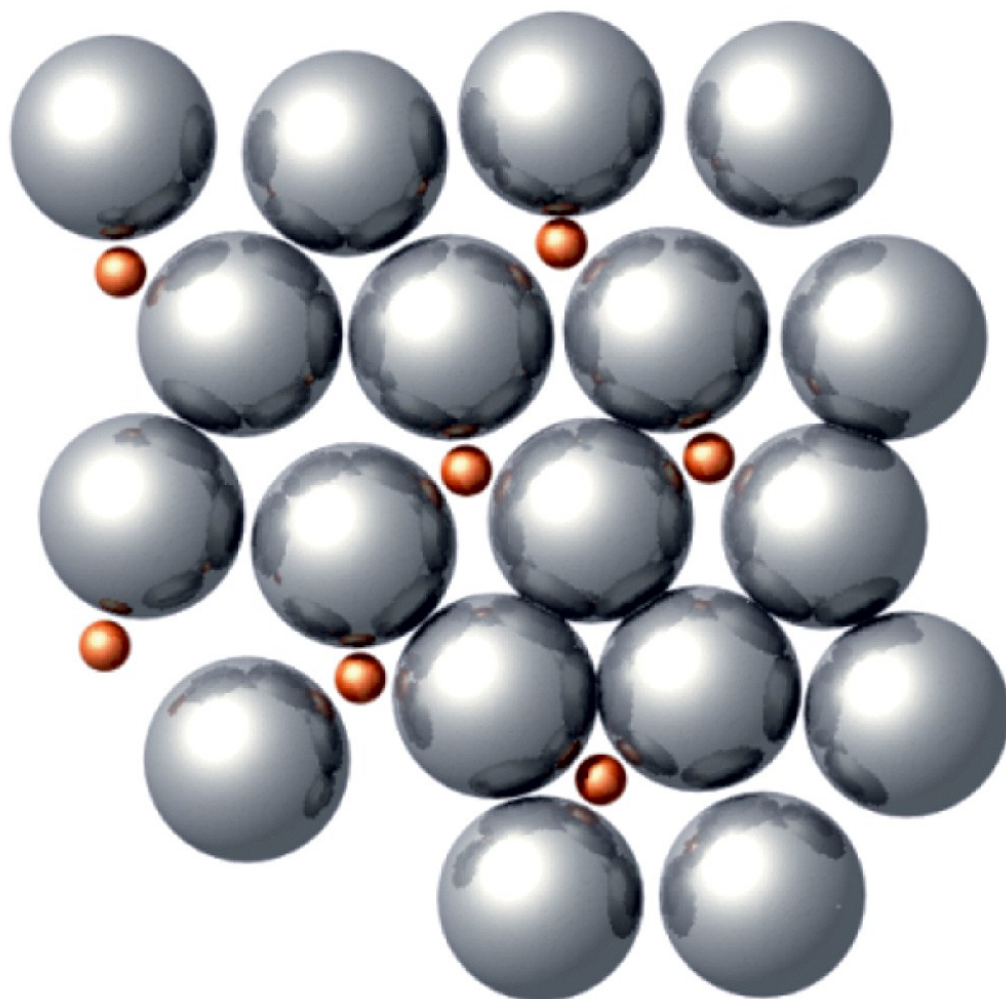
Легури



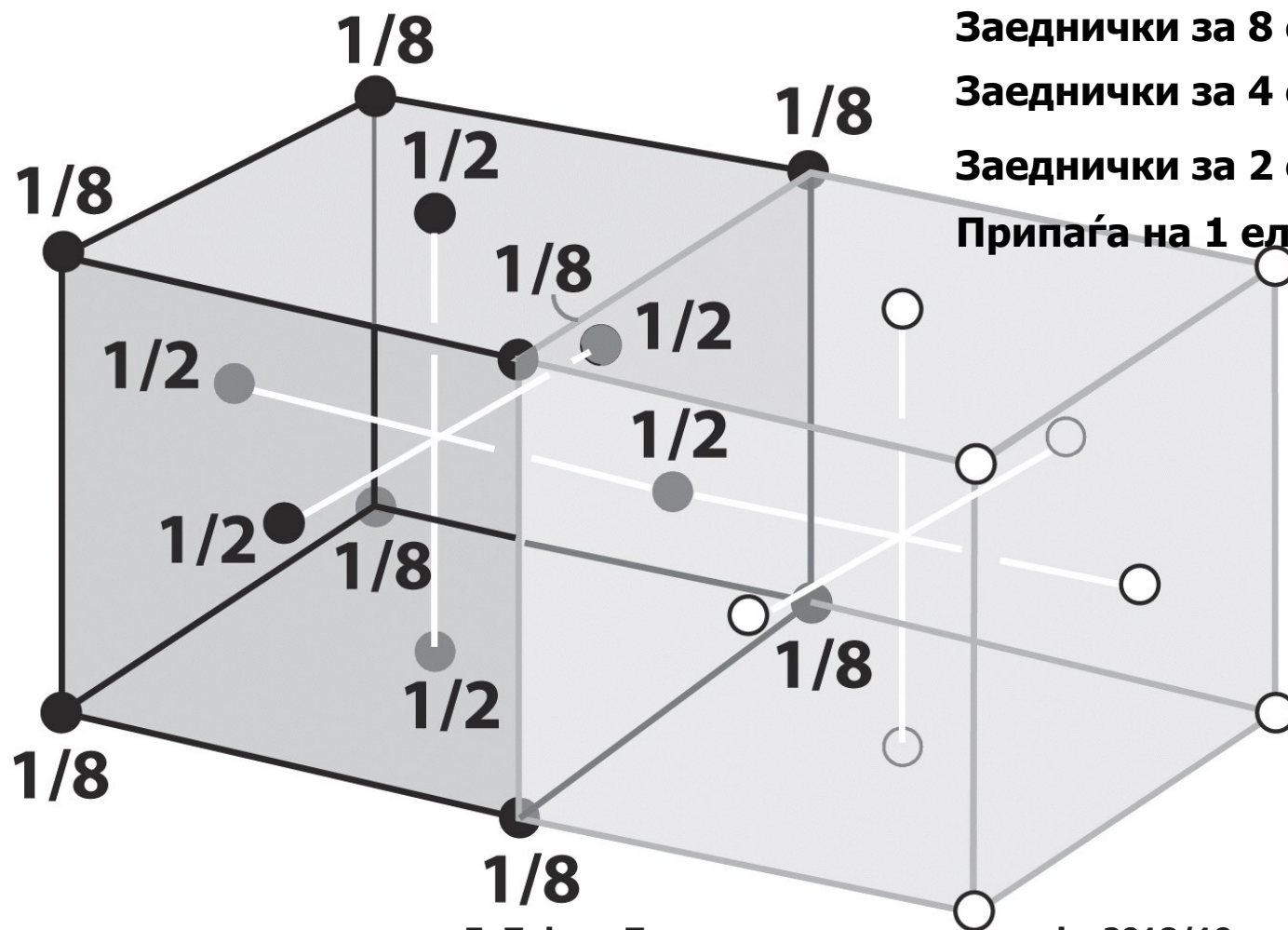
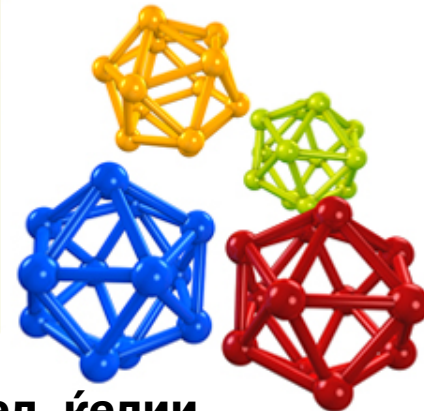
Легура од интерстицијален тип

Примесните атомите ги зафаќаат празнините меѓу атомите на металот-домаќин.

Според димензиите, атомите се разликуваат значително. Пример: легура на Fe и C.

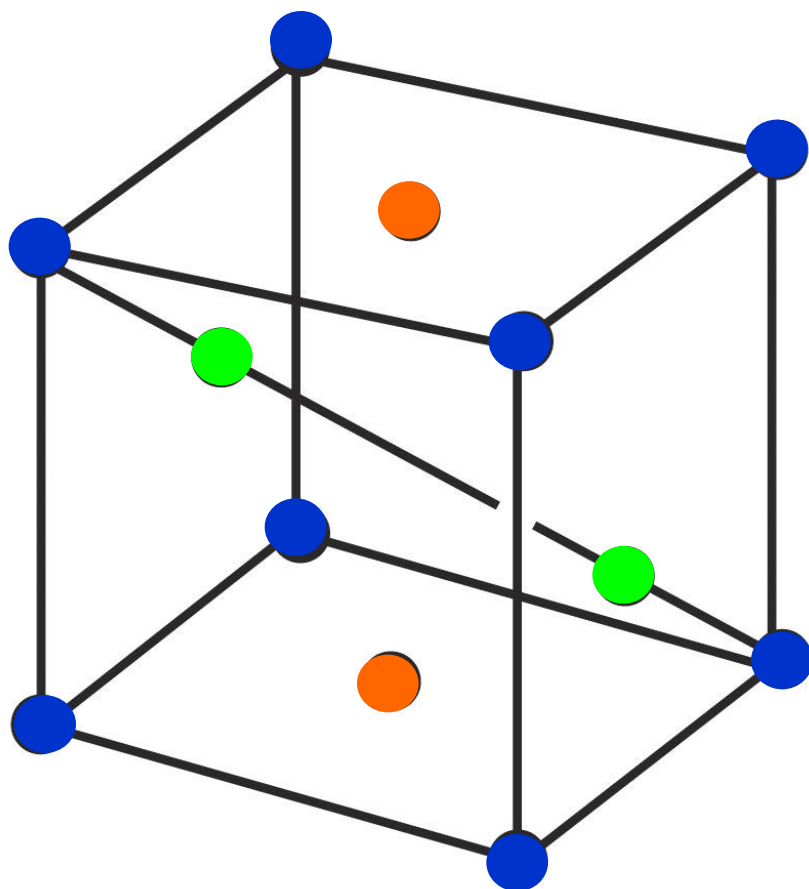
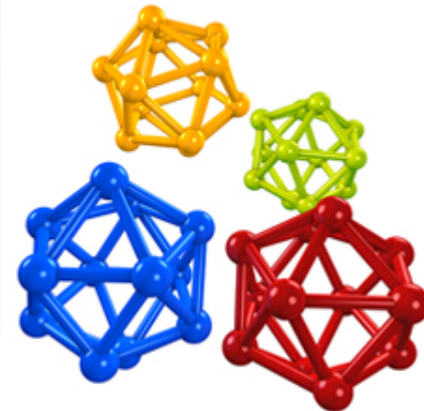


При определување на бројот на атоми кои припаѓаат на една елементарна ќелија, треба да се земе предвид секој атом на колку елементарни ќелии истовремено припаѓа.



Заеднички за 8 ел. ќелии
Заеднички за 4 ел. ќелии
Заеднички за 2 ел. ќелии
Припаѓа на 1 ел. ќелии

$$\begin{aligned} &8 \times 1/8 + \\ &0 \times 1/4 \\ &6 \times 1/2 + \\ &0 \times 1 = 4 \end{aligned}$$

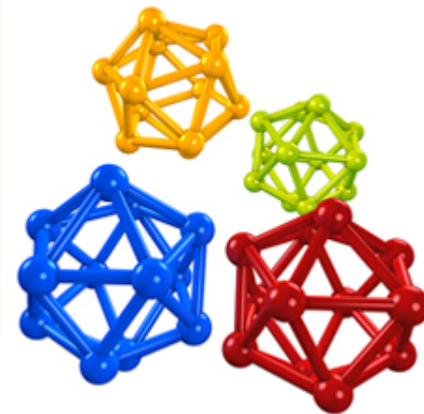


$$8 \times 1/8 = 1$$

$$2 \times 1/2 = 1$$

$$2 \times 1 = 2$$

4 атоми во елементарната ќелија

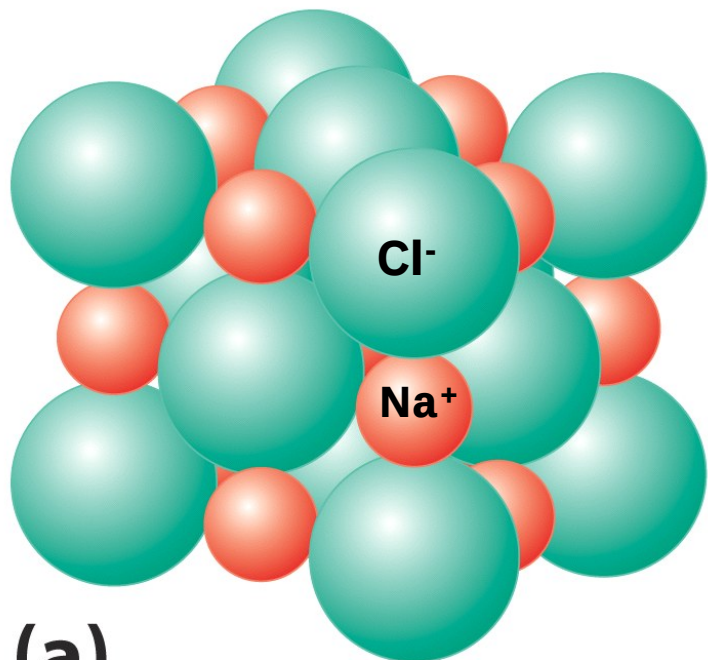
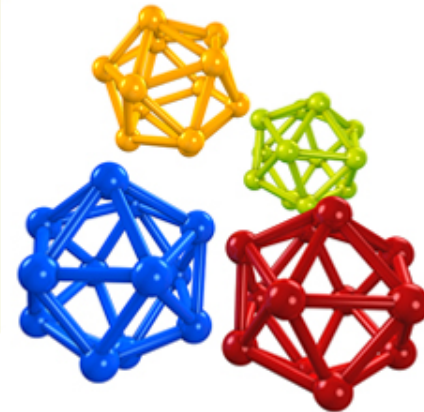


Неоргански супстанци во цврста фаза

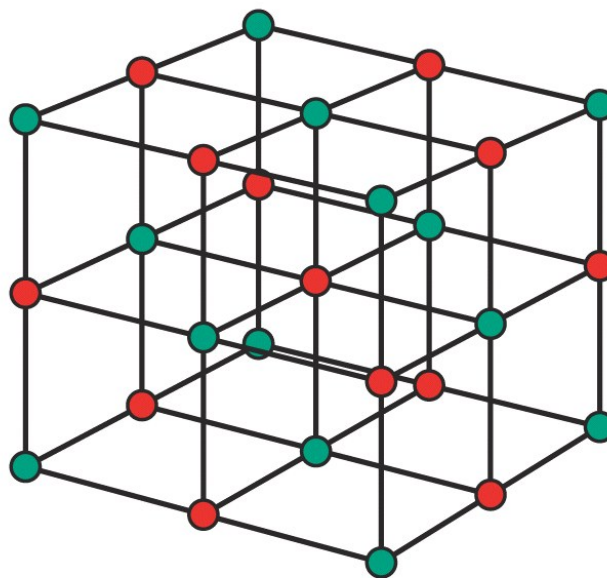
ЈОНСКИ КРИСТАЛНИ СУПСТАНЦИ

Структурен тип на NaCl

Примери: KBr, RbI, AgCl, AgBr, MgO, CaO, TiO, FeO, NiO, ...



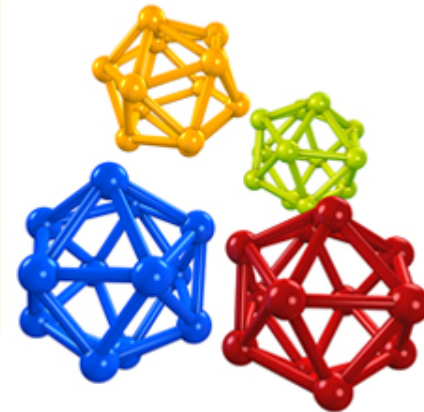
(a)



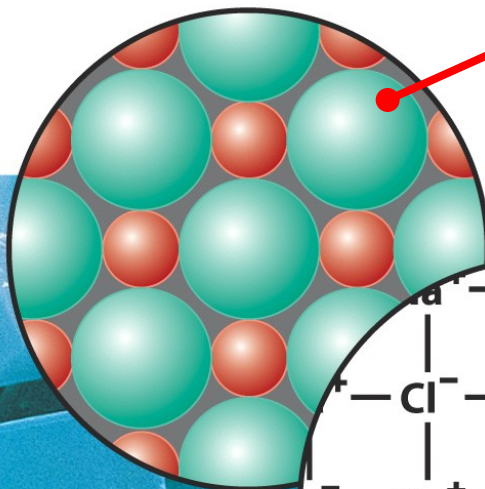
(b)

$$8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4 \text{ Cl}^-$$

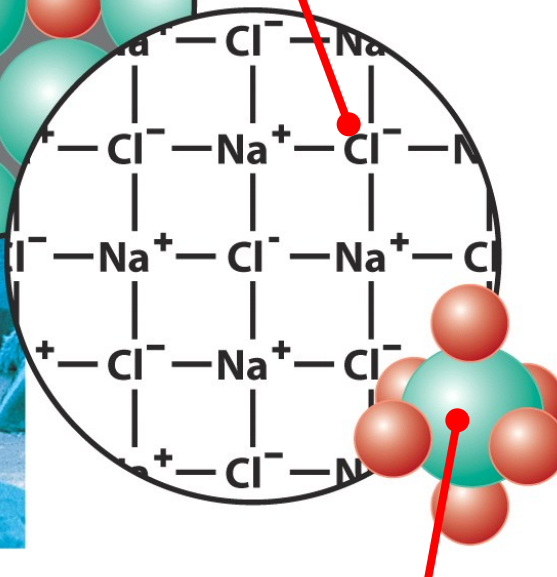
$$12 \times 1/4 + 1 \times 1 = 4 \text{ Na}^+$$



Кристалот претставува три-димензионална низа од индивидуални елементрани ќелии.



Дво-димензионалниот приказ илустрира дел од карактеристиките на кристалната структура.



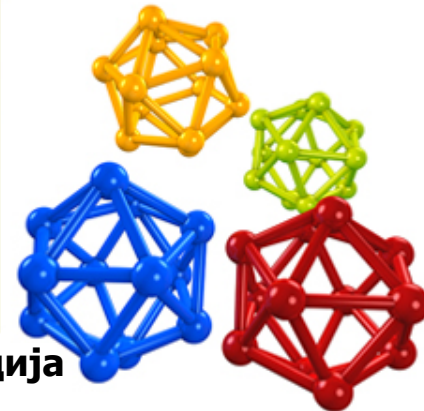
Секој јон е координиран со шест соседни јони.

(6,6)-координација

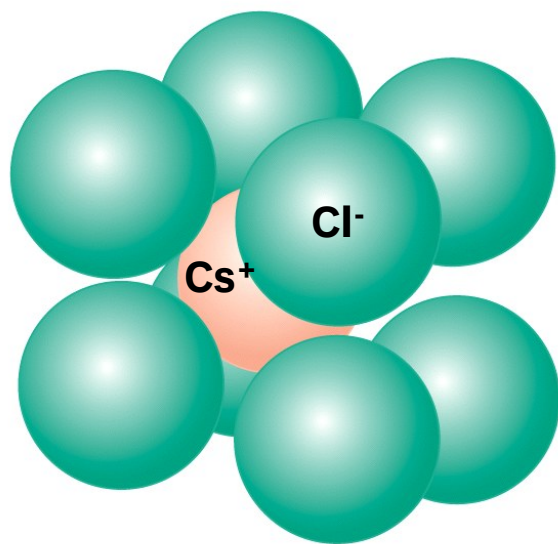
Б. Пејова, Теоретска неорганска хемија, 2018/19

Структурен тип на CsCl

Примери: CsCl, CsBr, CsI



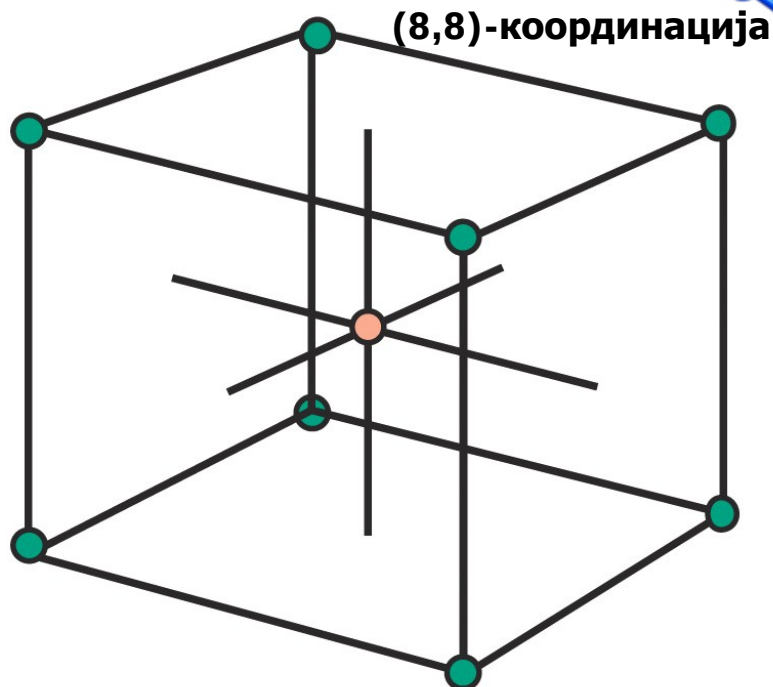
Секој јон е координиран со осум соседни.



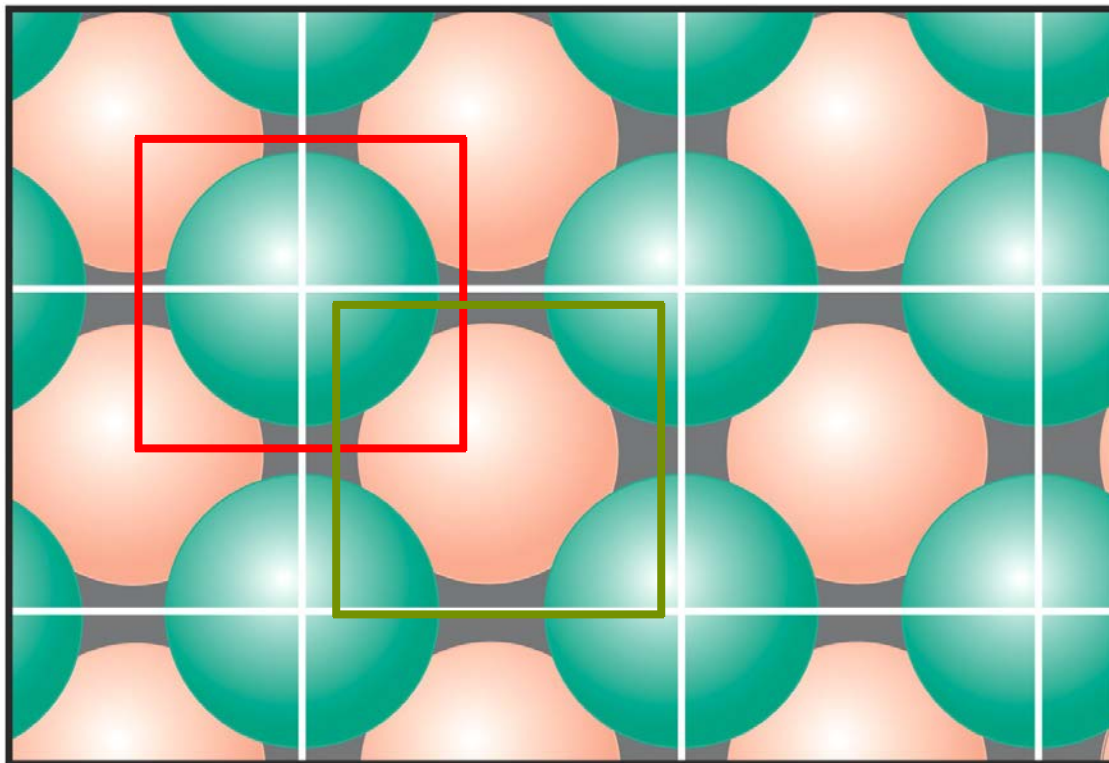
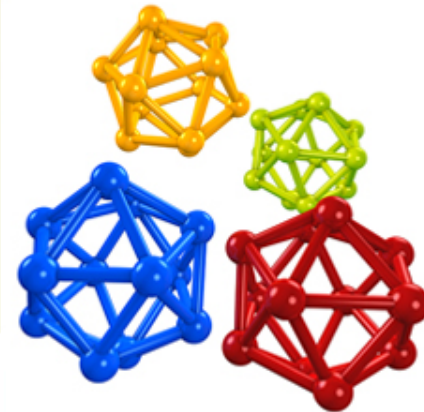
(a)

$$1 \times 1 = 1 \text{ Cs}^+$$

$$8 \times 1 / 8 = 1 \text{ Cl}^-$$



(b)

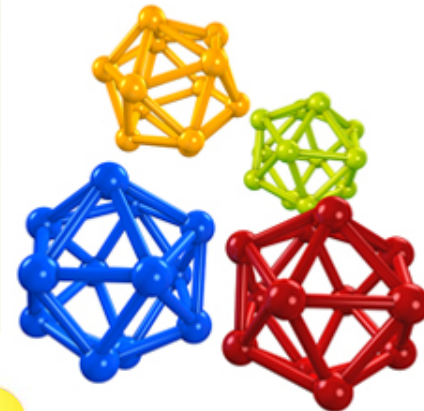


Примитивна кубична структура: Cs

Примитивна кубична структура: Cl

Структурен тип на сфалерит

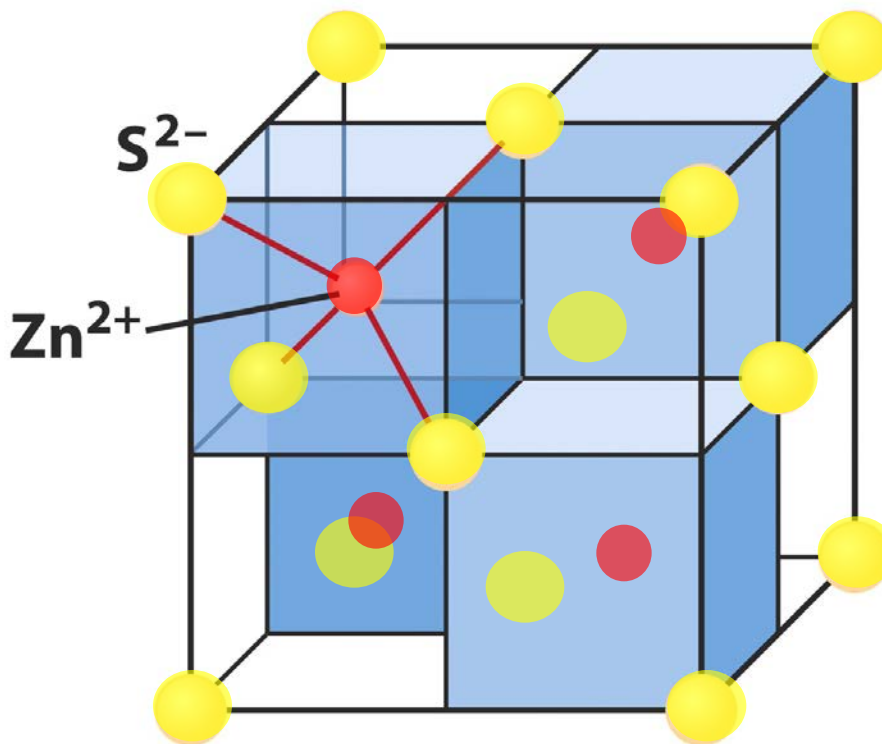
Примери: ZnS, CuCl, CdS, HgS, ...



(4, 4)-координација

Сулфидните јони
образуваат
странично-центрирана
кубична структура.

Zn^{2+} јоните
пополнуваат една
половина од
тетраедарските
празнини.

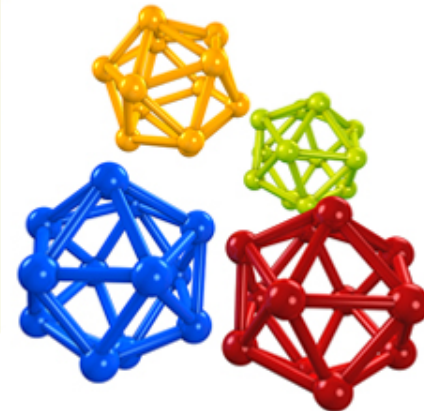


$$4 \times 1 = 4 \text{ Zn}^{2+}$$

$$8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4 \text{ S}^{2-}$$

Структурен тип на флуорит

Примери: CaF_2 , BaCl_2 , HgF_2 , PbO_2 , ...

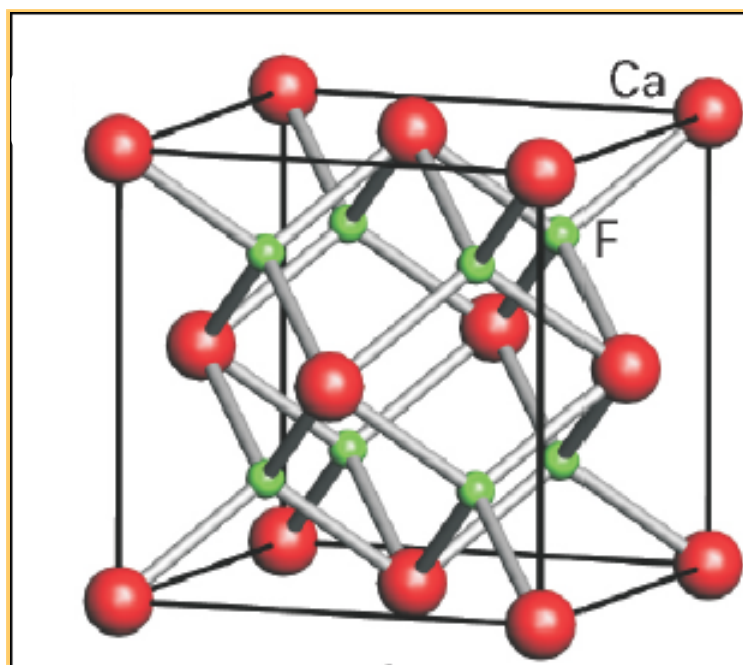


(8, 4)-координација

**Ca^{2+} јоните
образуваат
странично-центрирана
кубична структура.**

**F^- јоните ги
пополнуваат сите
тетраедарски
празнини.**

Алтернативно:
 **F^- јоните образуваат
примитивна кубична
кристална решетка, а
катјоните пополнуваат
половина од кубичните
празнини.**

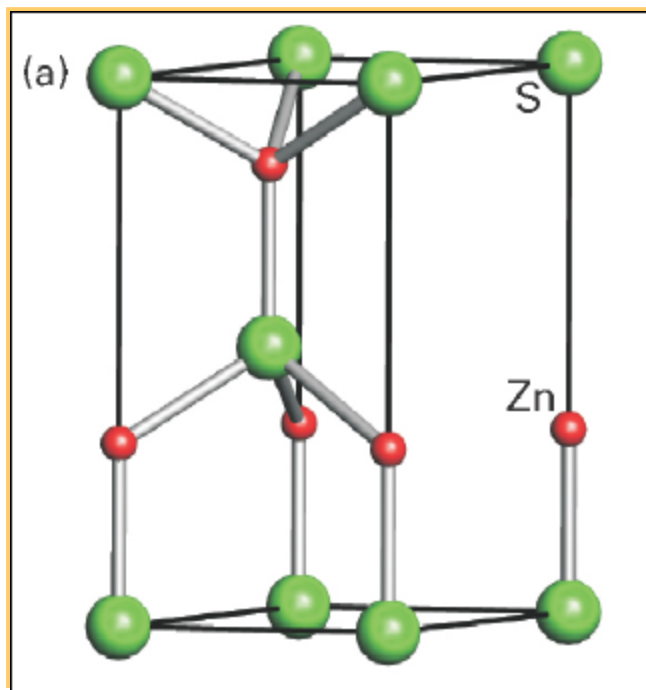
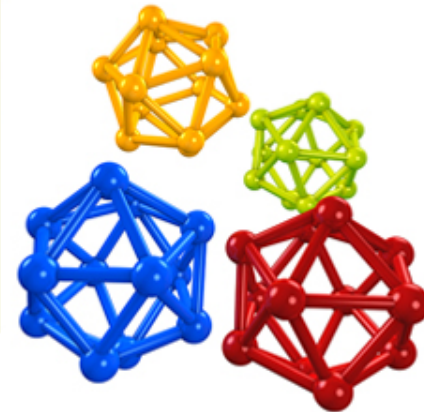


$$8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4 \text{ Ca}^{2+}$$

$$8 \times 1 = 8 \text{ F}^-$$

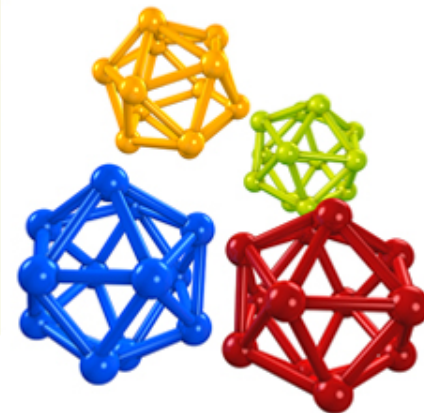
Структурен тип на вурцит

Примери: ZnS , ZnO , BeO , MnS , AgI , NH_4F ,...

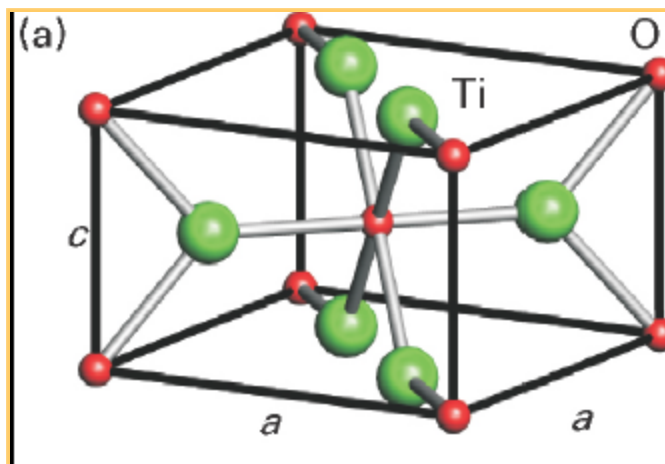


Структурен тип на рутил

Примери: TiO_2 , MnO_2 , SnO_2 , WO_2 , MgF_2 , NiF_2 ,...

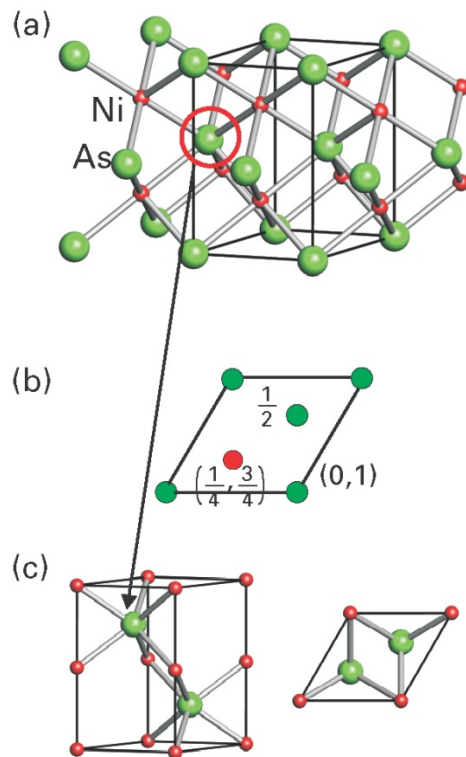
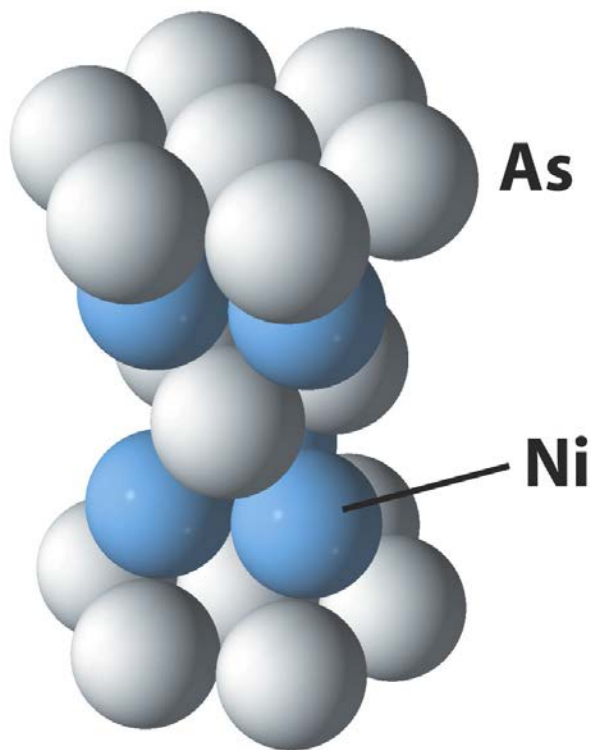
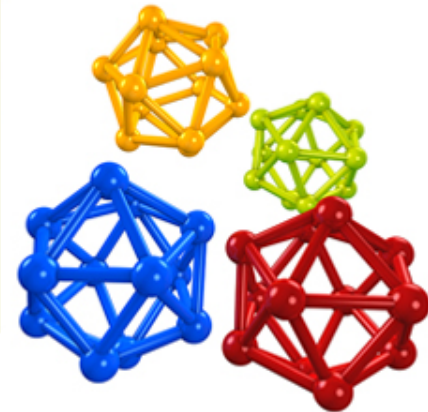


(6, 3)-координација



Структурен тип на NiAs

Примери: NiS, FeS,....



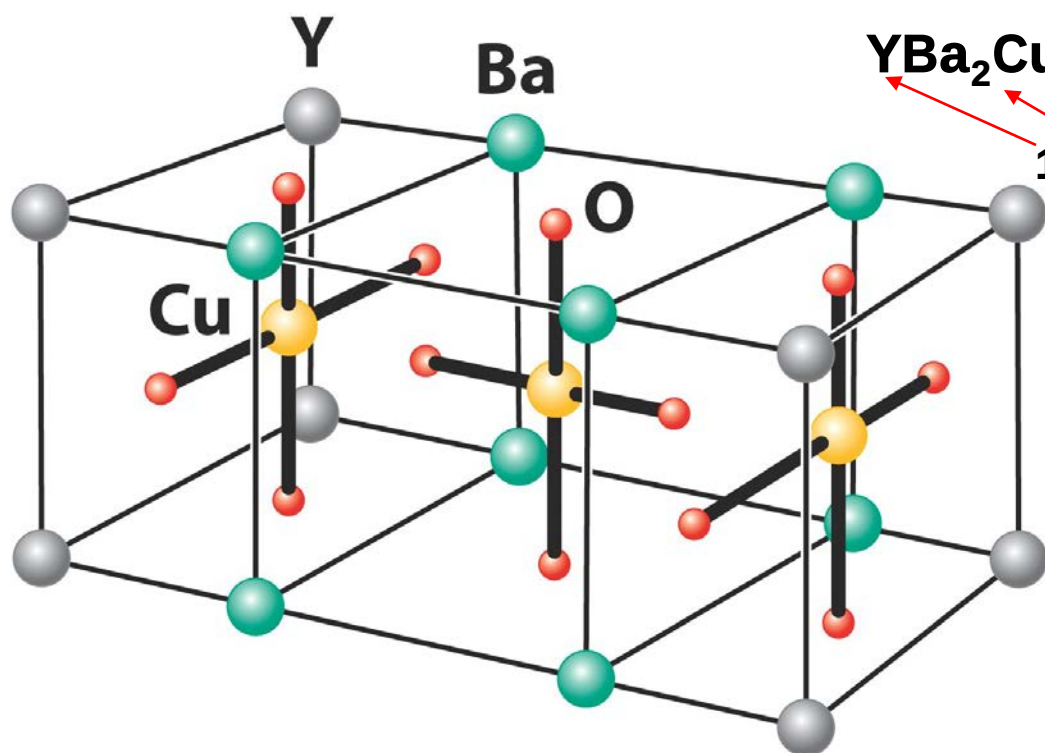
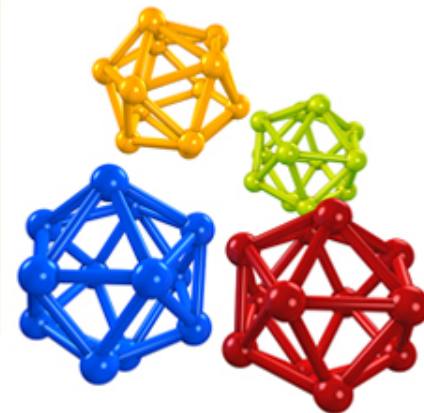
Ковалентниот карактер и дава на јонската врска елементи на просторна насоченост.

Моделот темелен на густо пакување на сфери се однесува на чисто јонски врски без одредена просторна насоченост.

Структури кои содржат поларизабилни јони и јони со помала разлика во електронегативноста

Значителниот ковалентен карактер на врските го менува начинот на подредување.

Б. Пејова, Теоретска неорганска хемија, 2018/19



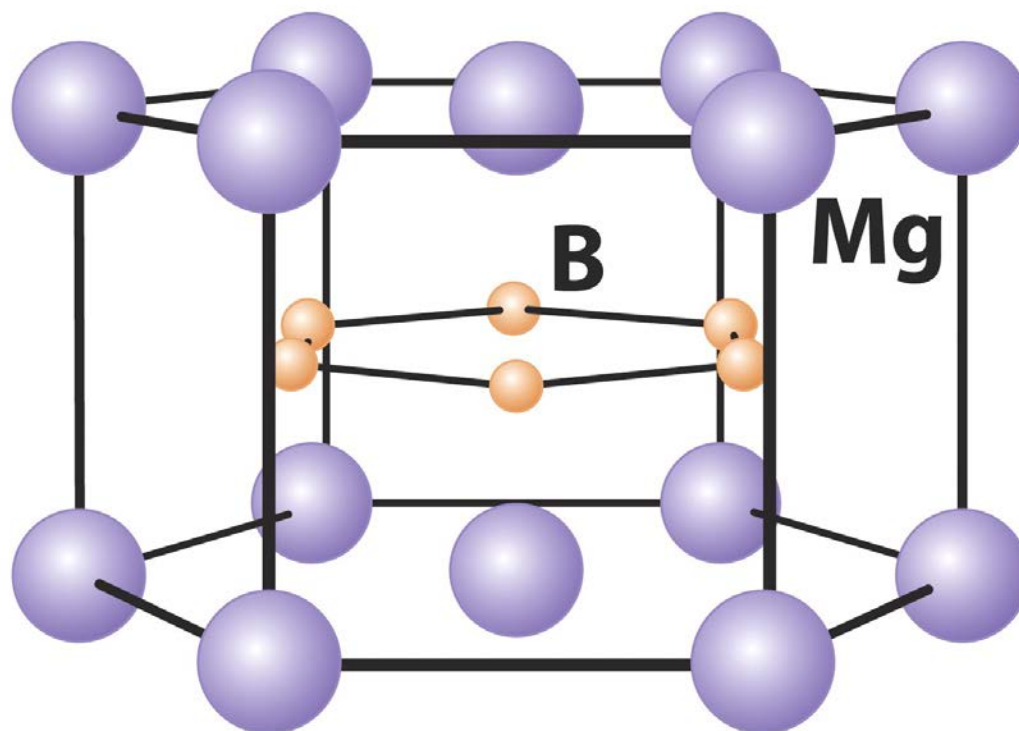
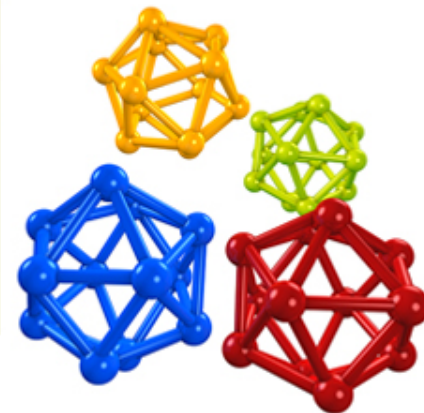
1 2 3 суперспроводник

$$8 \times 1/8 = 1 \text{ Y атом}$$

$$3 \times 1 = 3 \text{ Cu атоми}$$

$$8 \times 1/4 = 2 \text{ Ba атоми}$$

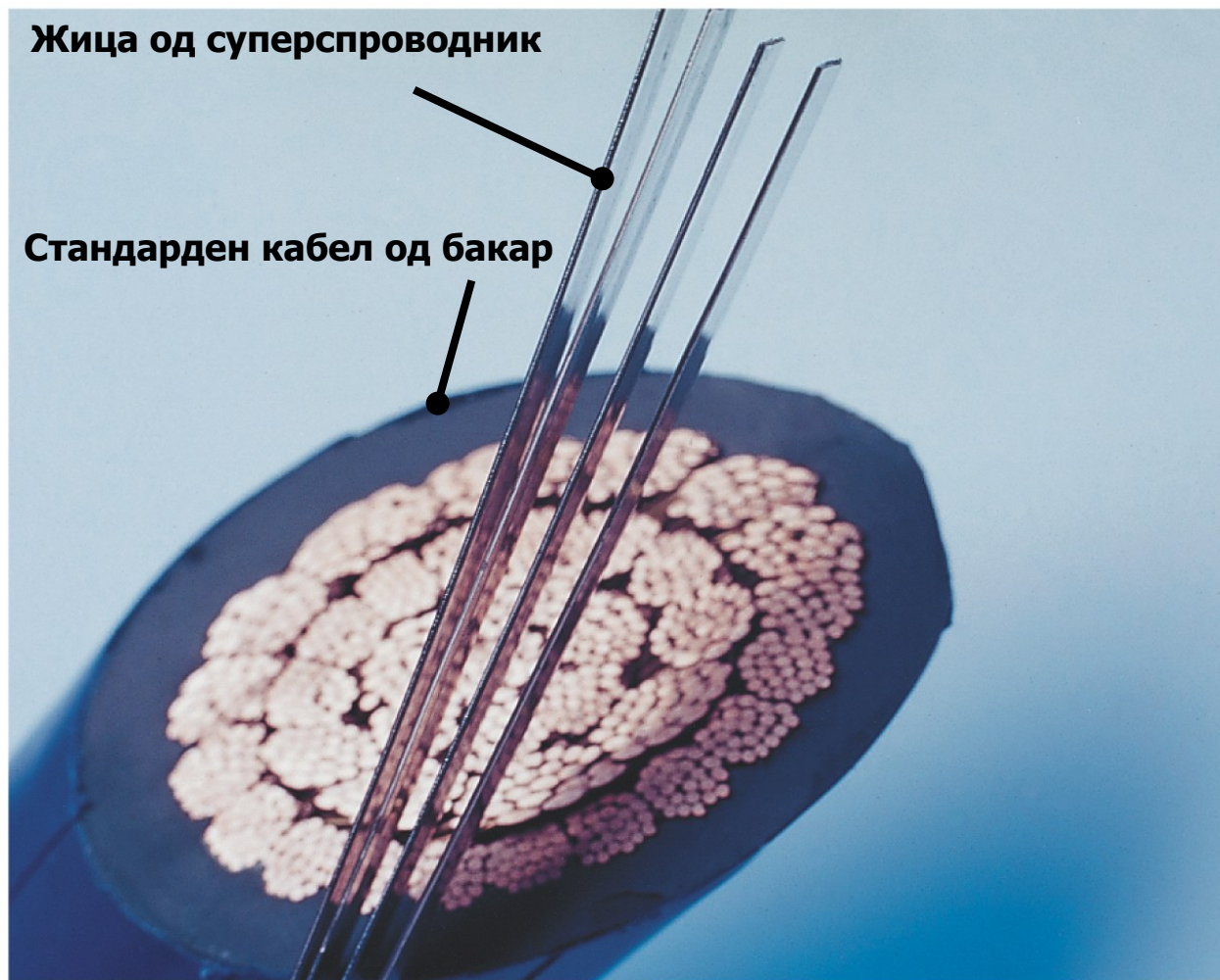
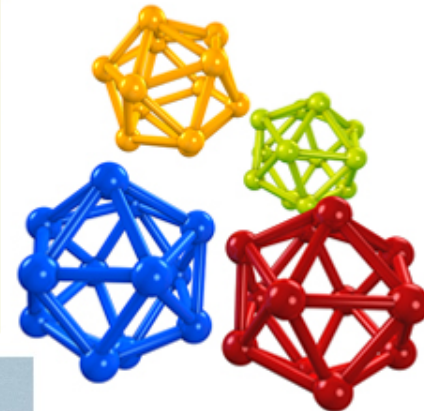
$$10 \times 1/2 + 2 \times 1 = 7 \text{ O атоми}$$



$$12 \times 1/6 + 2 \times 1/2 = 3 \text{ Mg атоми}$$

Емпириска формула: MgB_2

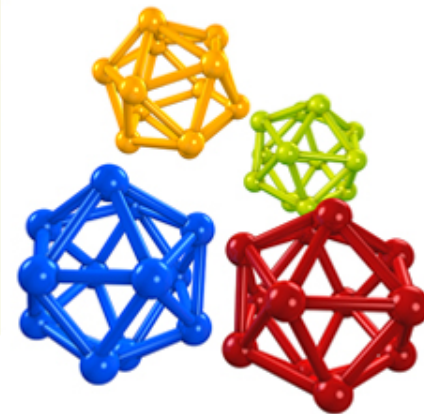
$$6 \times 1 = 6 \text{ B атоми}$$



Жица од суперспроводник

Стандарден кабел од бакар

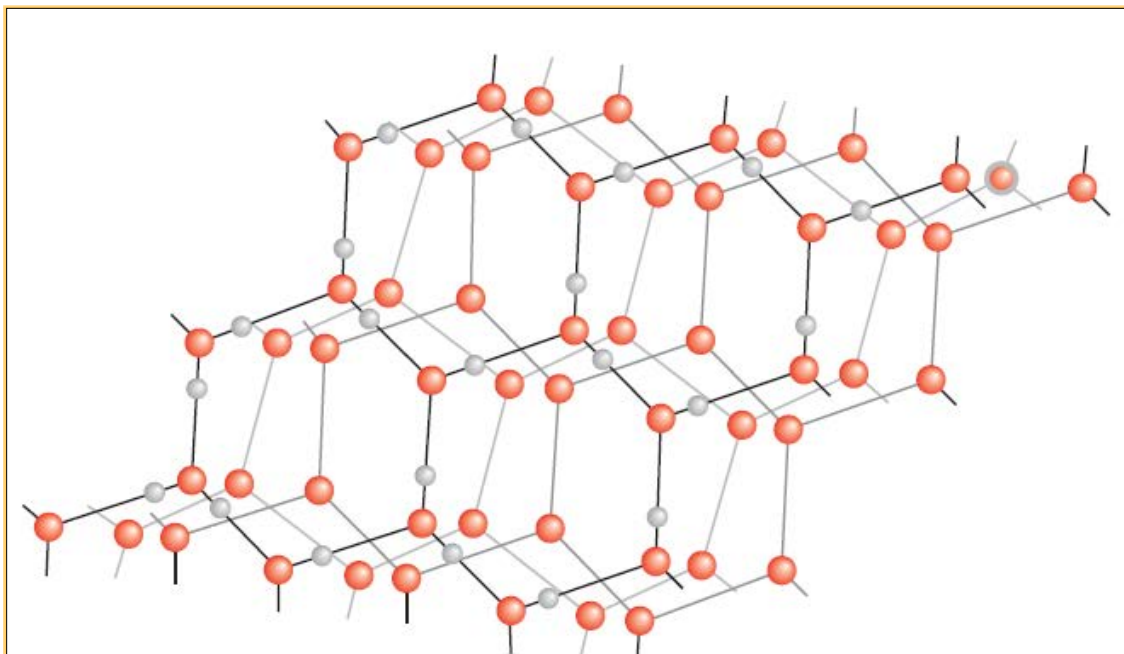
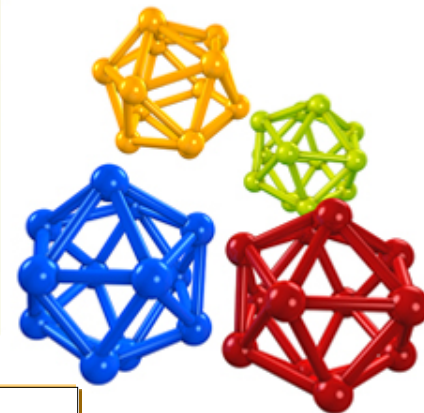
Суперспроводниците спроведуваат електрична струја поефективно од металите.



Неоргански супстанци во цврста фаза

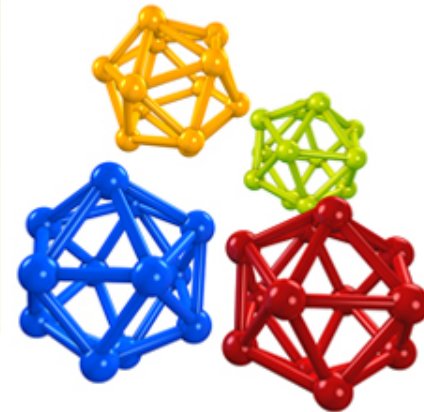
МОЛЕКУЛСКИ КРИСТАЛНИ СУПСТАНЦИ

Мраз



Кај мразот, секој атом на кислород е опкружен со четири водородни атоми.

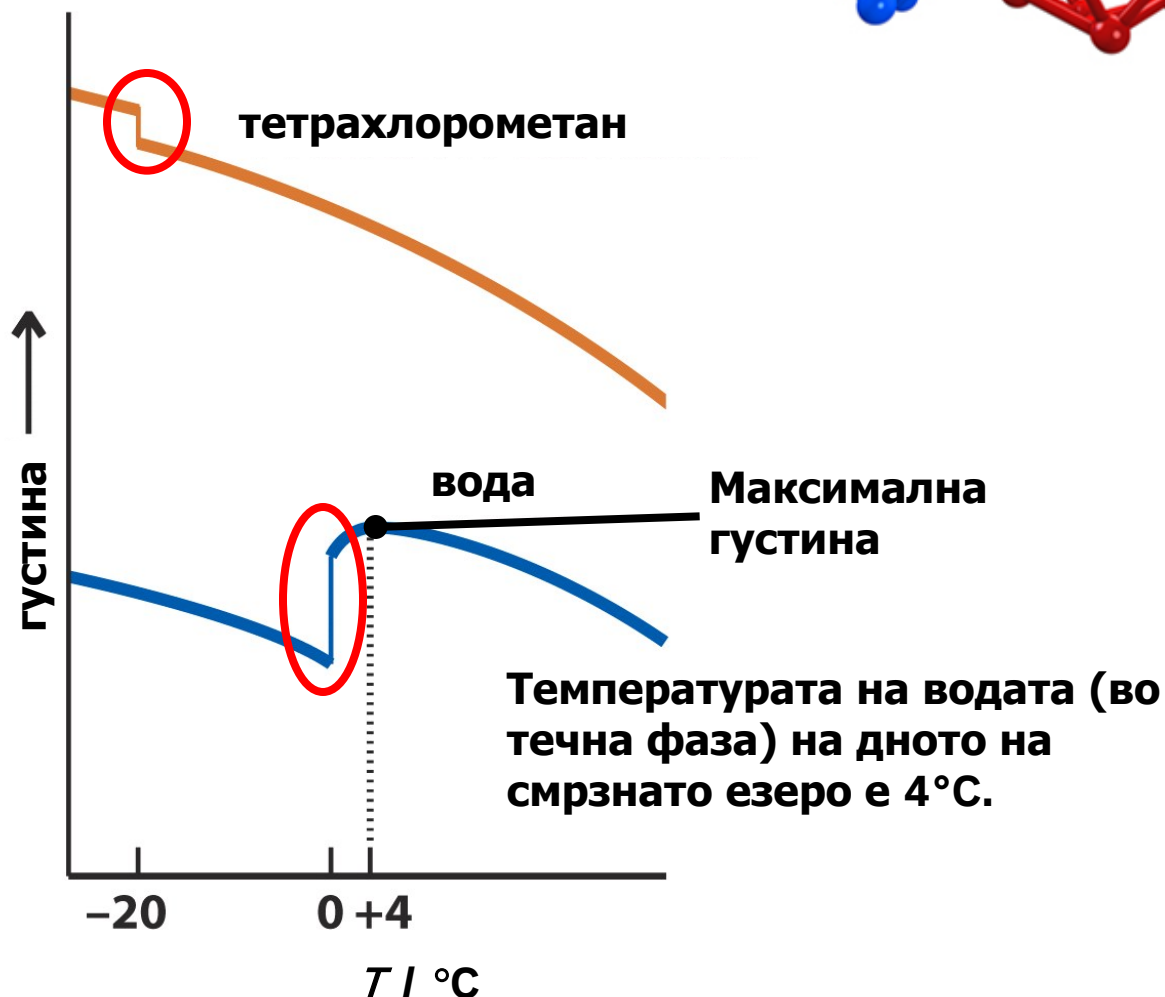
Два водородни атоми се сврзани со атомот на кислород преку σ -врска, додека другите два атоми преку водородна врска.

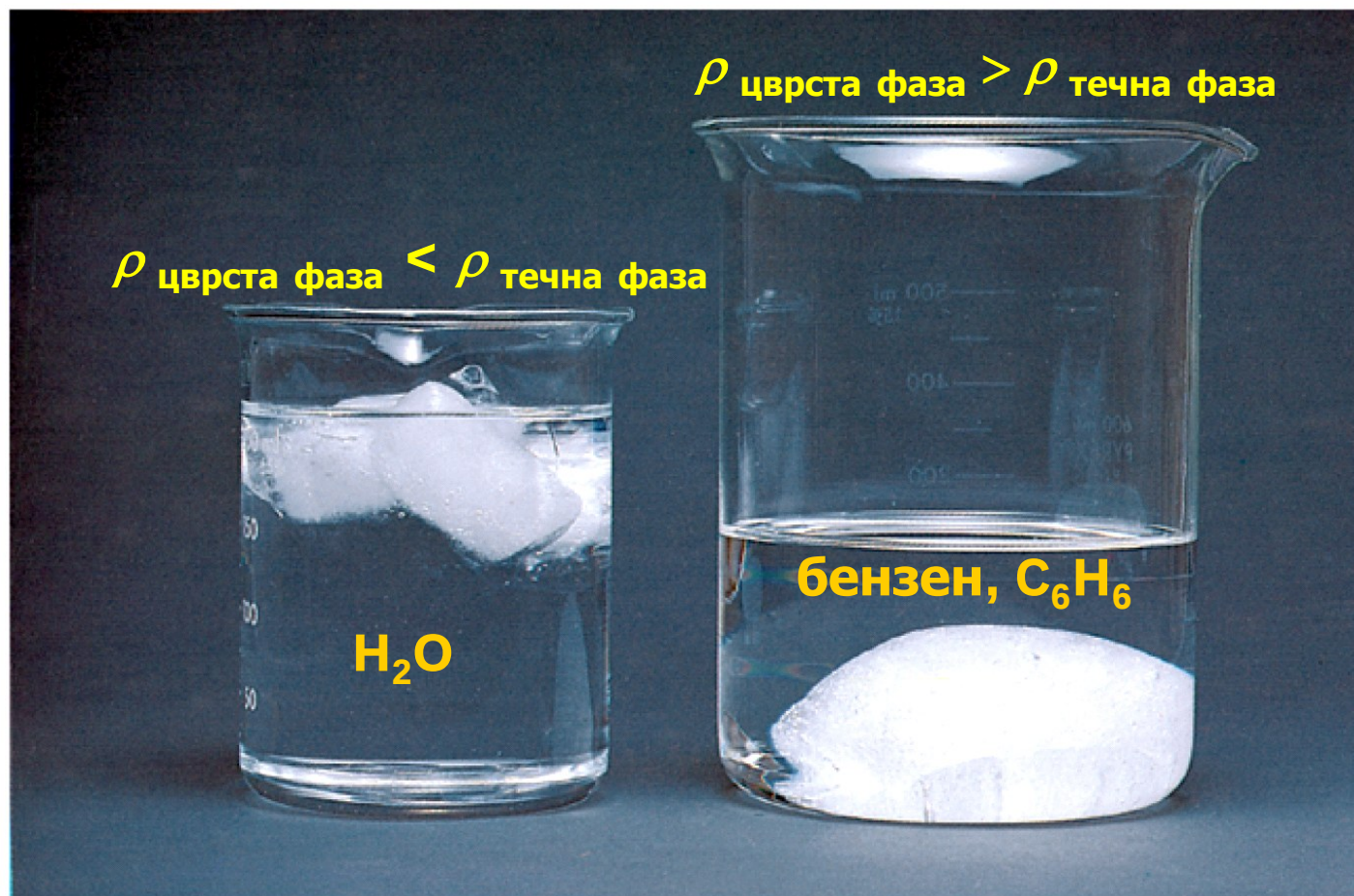
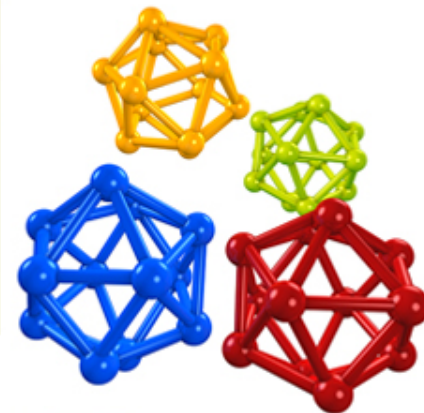


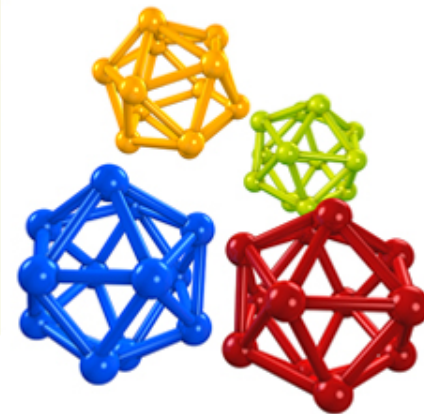
Густината на најголем дел течни супстанци се намалува со зголемување на температурата. Овие супстанци имаат помал волумен кога се во цврста фаза отколку кога се во течна фаза.

Густината на водата се зголемува со зголемување на температурата поради намалувањето на волуменот.

Водата зафаќа поголем волумен во цврста фаза отколку кога се наоѓа во течна фаза.



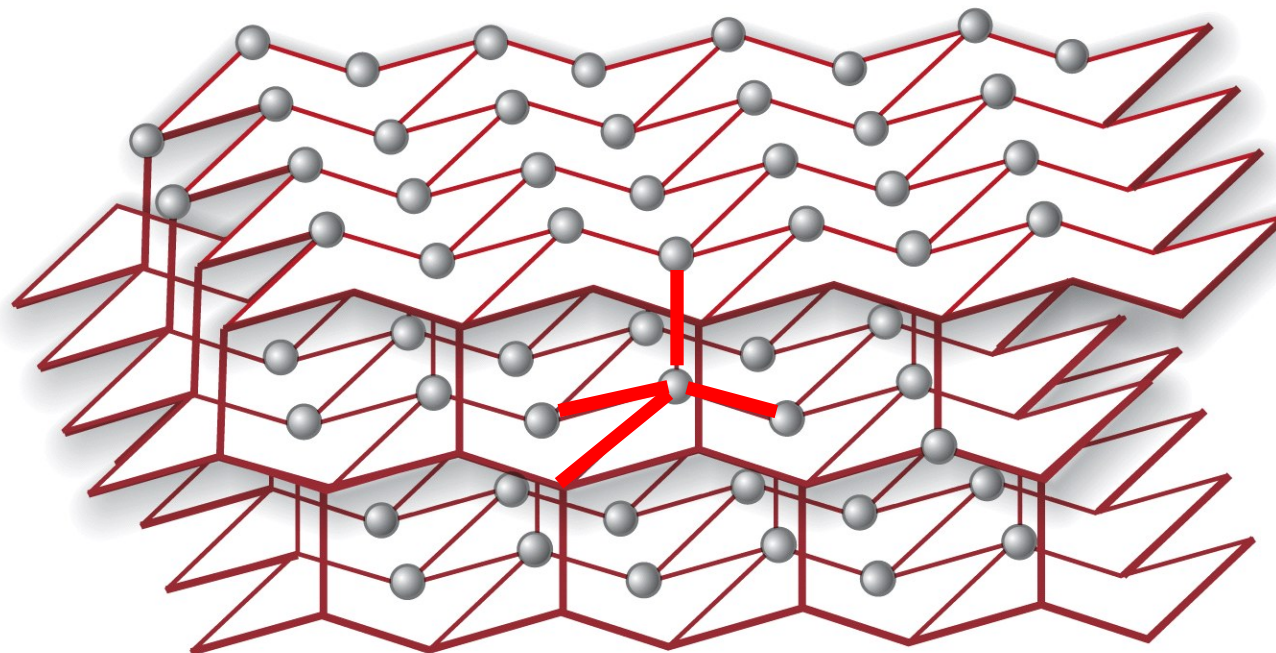
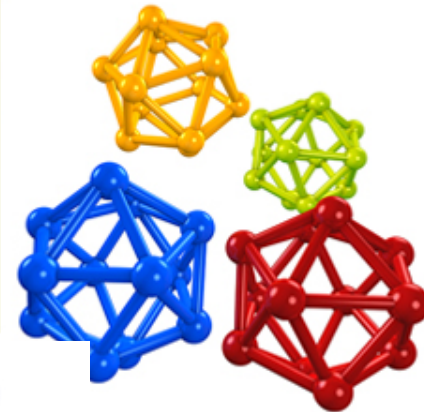




Неоргански супстанци во цврста фаза

КРИСТАЛНИ СТРУКТУРИ ТЕМЕЛЕНИ НА МРЕЖА ОД КОВАЛЕНТНО СВРЗАНИ АТОМИ

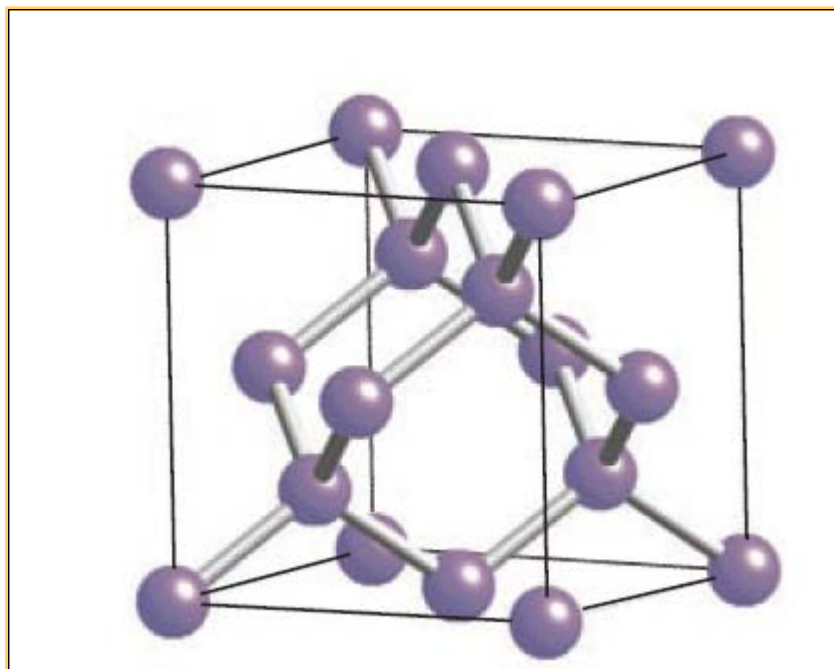
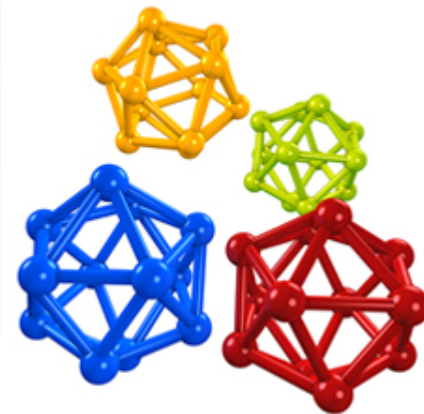
Дијамант



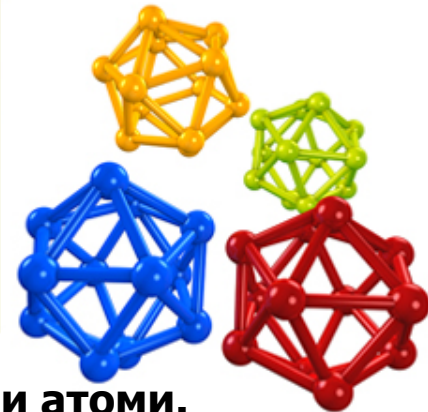
Кај дијамантот секој јаглероден атом е поврзан со четири атоми на јаглерод.

Секој атом е sp^3 хибридизиран.

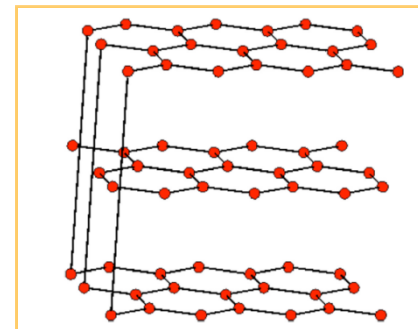
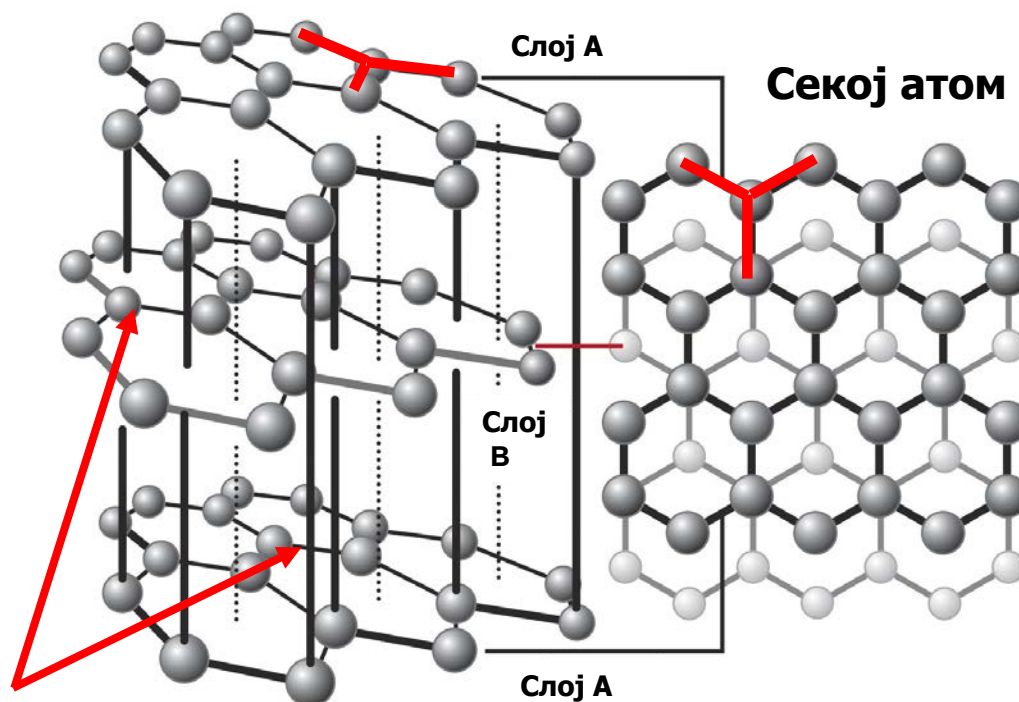
Дијамант: елементарна ќелија



Графит

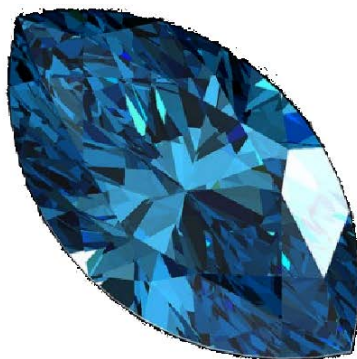
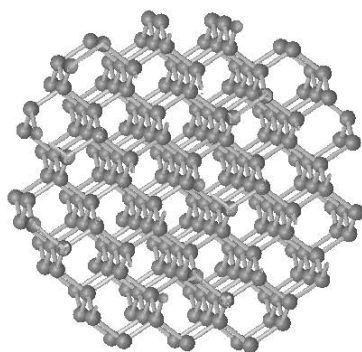
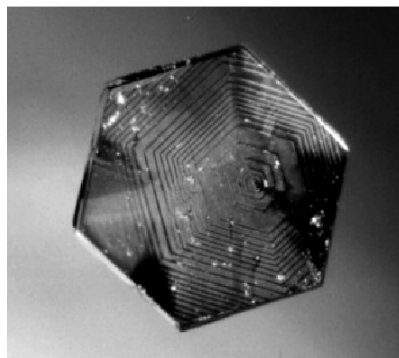
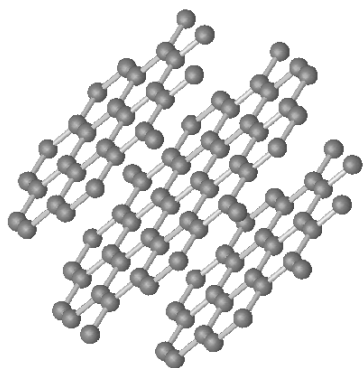
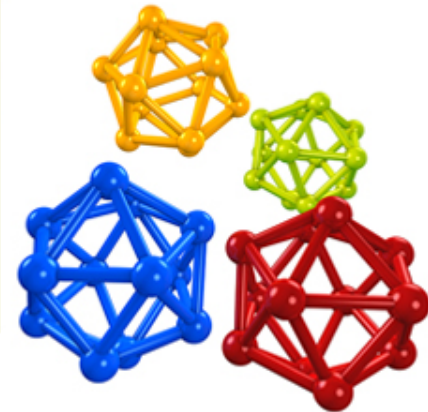


Кај графитот, секој јаглероден атом е сврзан со три јаглеродни атоми.



Интеракциите меѓу слоевите од јаглеродни атоми се слаби.

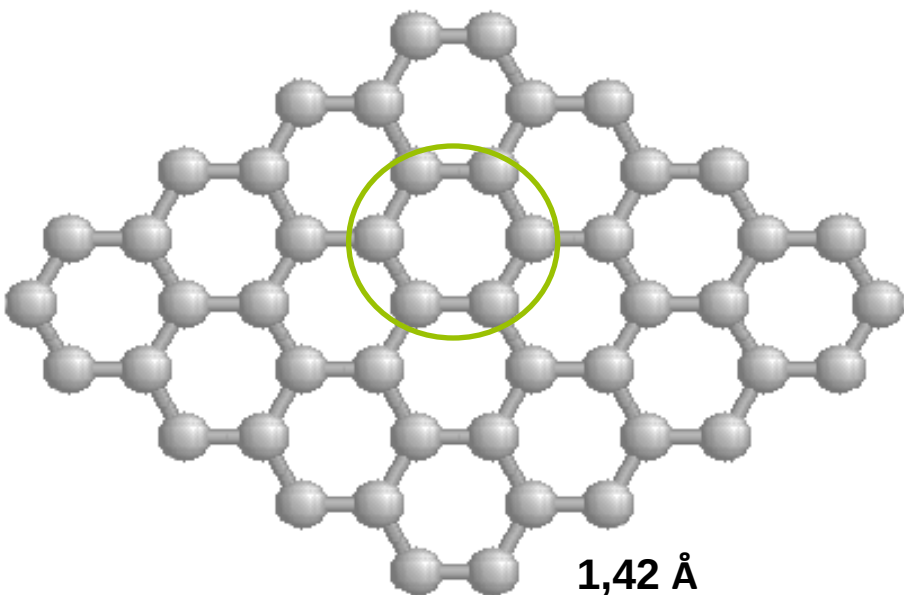
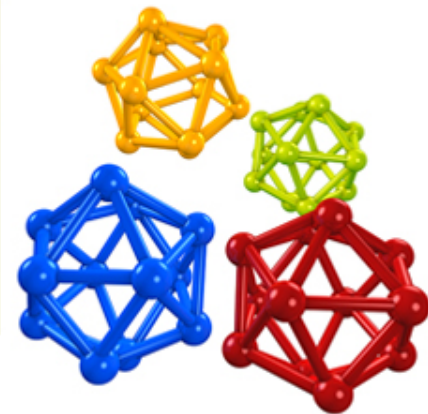
Графит и дијамант



Графен

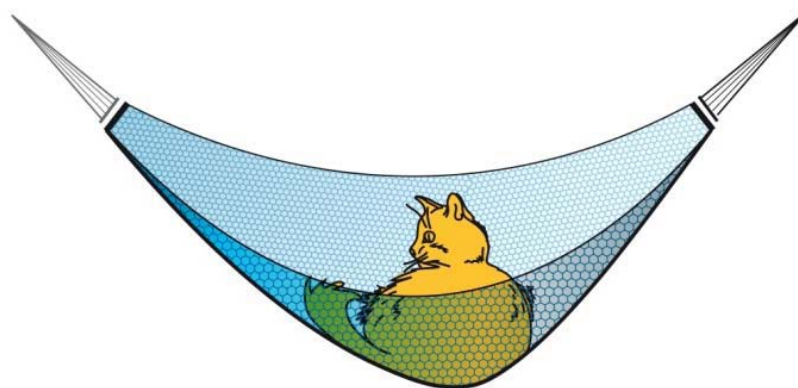
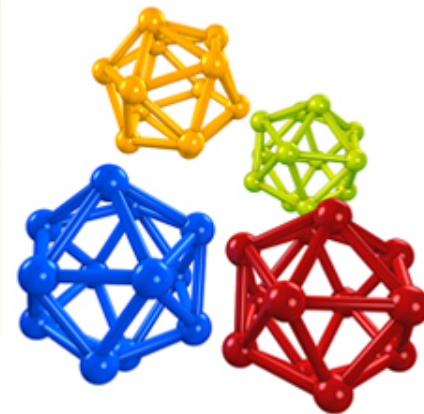
наноматеријал

со многу суперлативи



1,42 Å

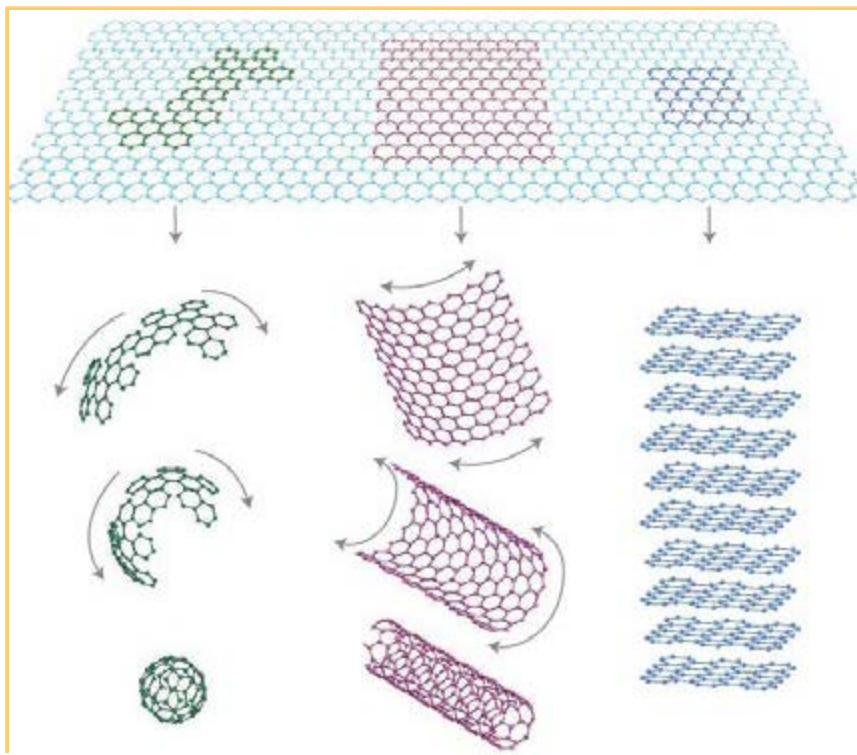
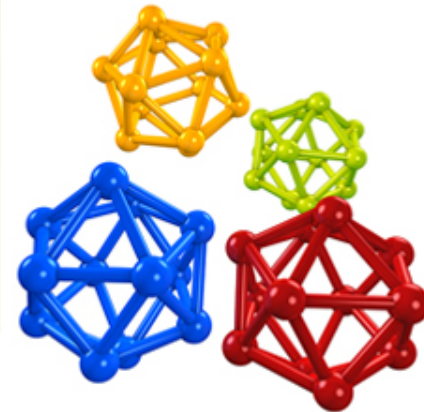
- Со најмала дебелина
- Висок степен на среденост на структурата
- Поголема тврдина од дијамантот
- Огромна флексибилност кон механички дисторзии
- Поголема јачина од челикот
- Одличен топлински спроводник
- Според електричната спроводливост, семиметал
- Непропустлив за гасови (дури и за He)



**Мрежа од овој материјал со плоштина од 1 m²
би можела да издржи маса од 4 kg без притоа да се скине**

Од графен до ...

уникатно хемиско сврзување



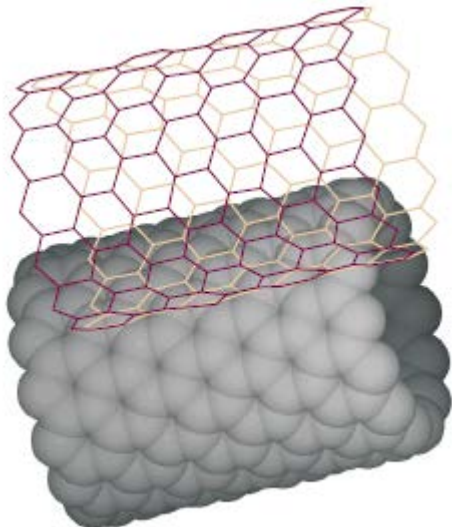
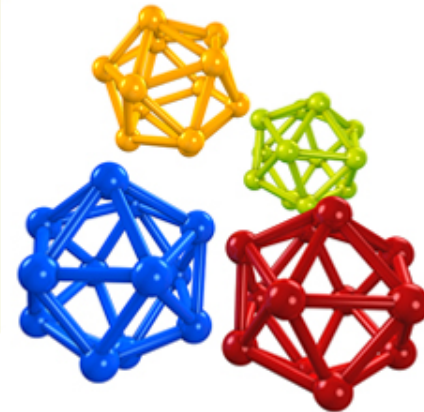
Фулерени
(потенцијални
суперспроводници)

**јаглеродни
наноцевки**

графит

Јаглеродни наноцевки со еден сид

SWCNT: Single-Walled-Carbon-NanoTube



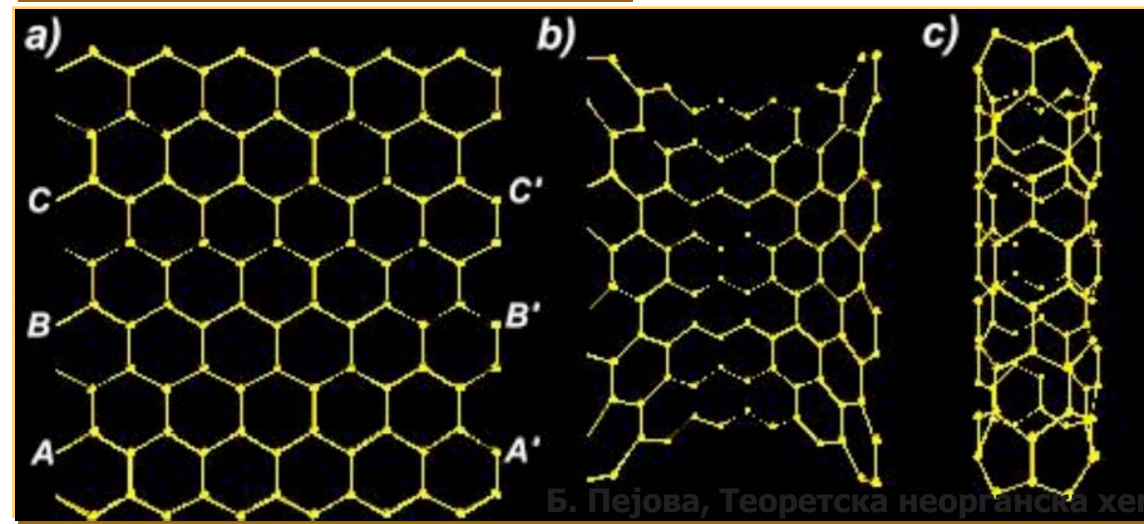
100 пати поголема јачина
во спредба со челикот, но
многу полесни од него

Се должи на цилиндричната
форма

Јаглеродните наноцевки со
многу мал радиус имаат јачина
која конвергира кон јачината
на дијамант !

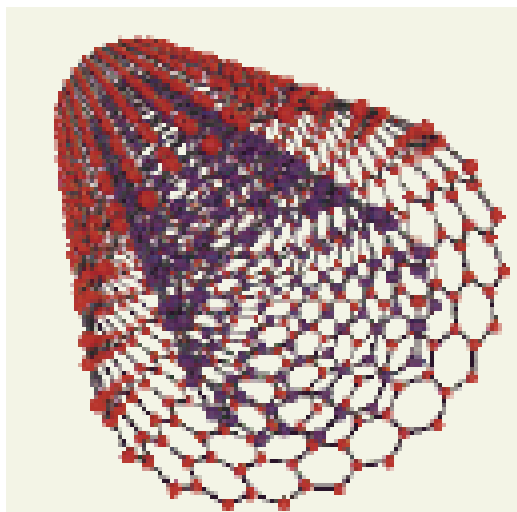
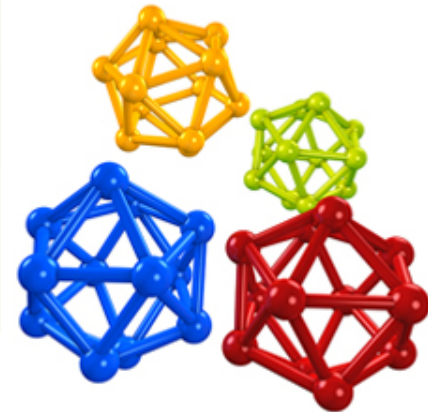
отпорни на удари

еластични, се виткаат под
голем агол

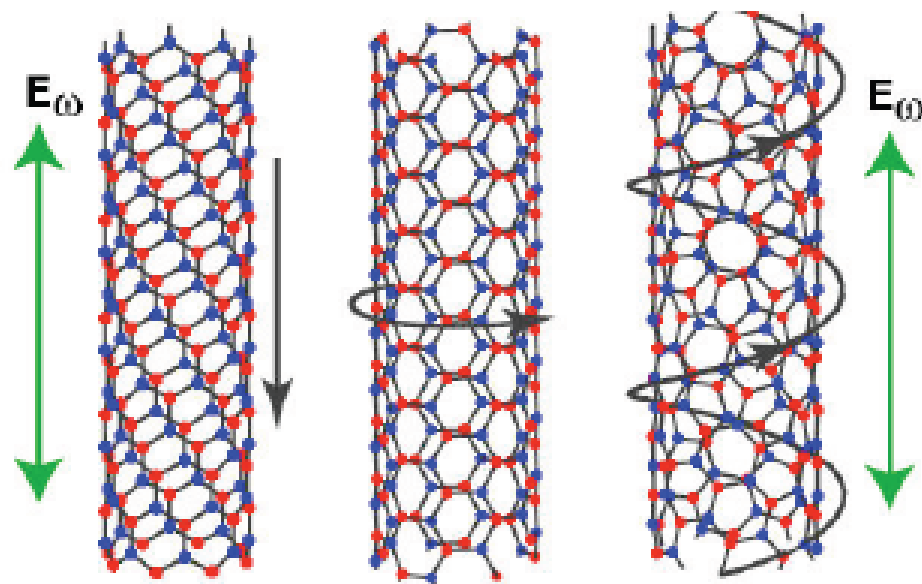


Јаглеродни наноцевки со повеќе ѕидови

MWCNT: Multi-Walled-Carbon-NanoTube

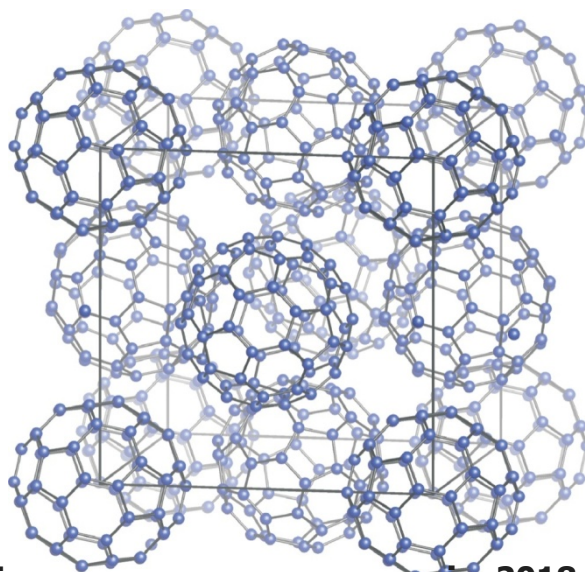
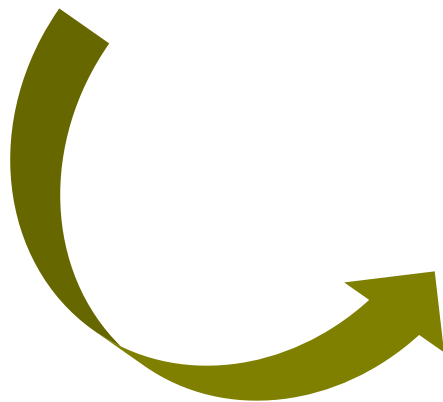
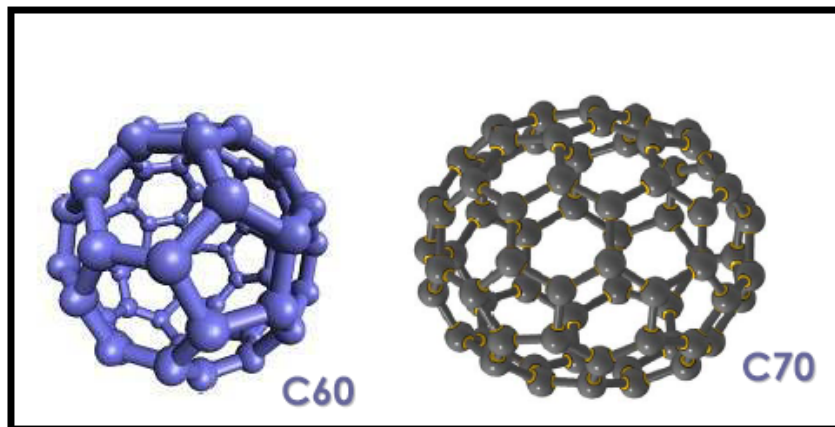
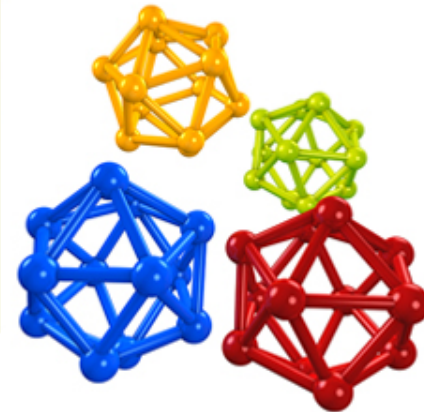


Наноцевка со повеќе ѕидови
(**MWCNT: Multi-Walled-Carbon-NanoTube**)
(потенцијални суперспроводници)

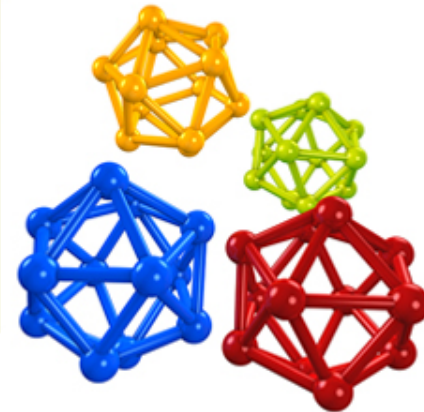


Протокот на струја зависи од структурата
т.е. хиралноста на наноцевката

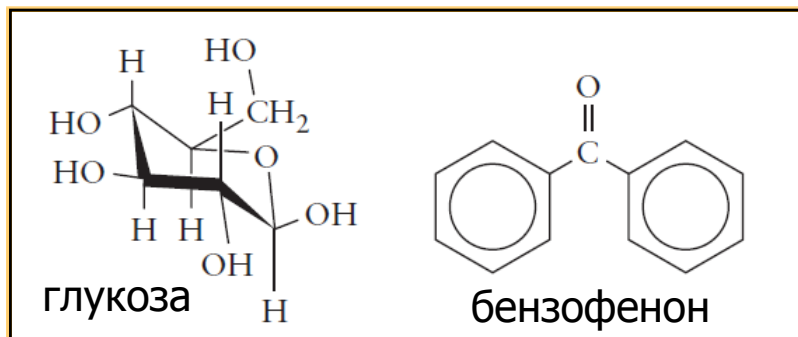
Фулерени

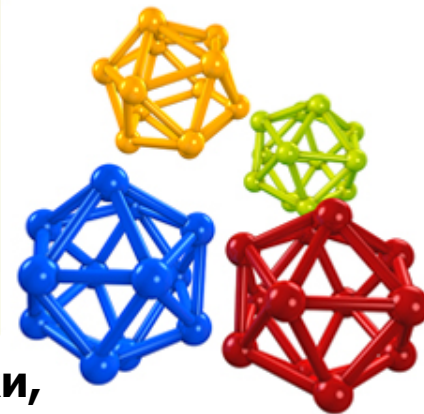


Странично
центрирана
кубична
елементарна
ќелија



- 1. Глюкоза, бензофенон ($C_6H_5COC_6H_5$) и метан се примери на соединенија кои образуваат молекулски цврсти супстанции. Структурите на глюкоза и бензофенон се прикажани на сликата.**
- а) Кои видови сили ги држат молекулите во цврстата фаза?**
- б) Подредете ги цврстите супстанции според растечкиот тренд на температурата на топење!**





2. Следните цврсти супстанции идентификувајте ги како јонски, структури темелени на мрежа од ковалентно сврзани атоми, метали или молекулски супстанции:

а) кварц, SiO_2

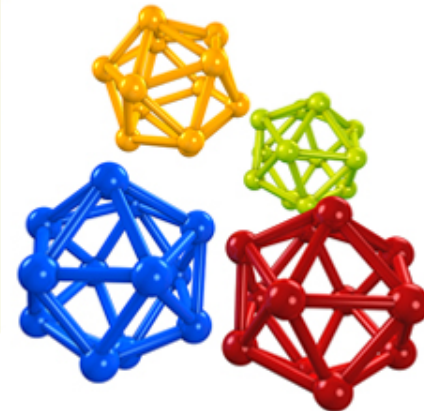
б) варовник, CaCO_3

в) сув мраз, CO_2

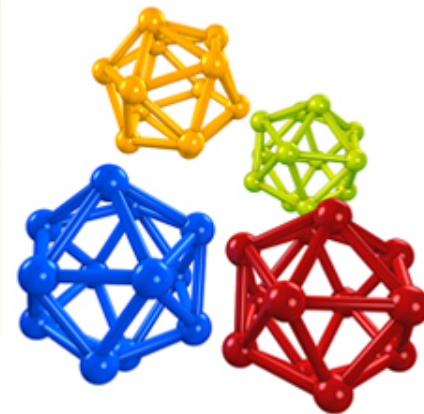
г) сахароза, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

д) полиетилен (полимер чии молекули содржат низи од илјадници $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$ единици)

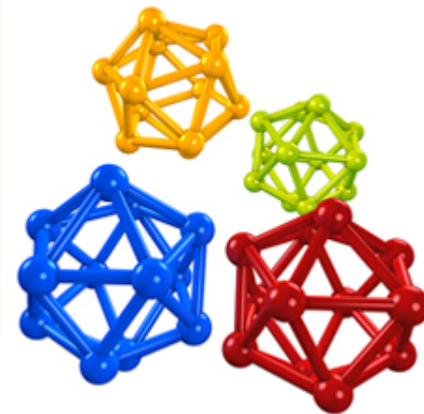
3. Три непознати супстанции се тестирани со цел да се идентификува типот на нивната структура. Резултатите од направените тестови се прикажани во тебелата. Супстанците А, В и С идентификувајте ги како јонски, структури темелени на мрежа од ковалентно сврзани атоми, метали или молекулски супстанции!



супстанца	карактерис тики на макродим. примерок	$T_t / ^\circ\text{C}$	електрична спроводливост	растворливост во вода
А	Цврста, Бела боја	800	Само кога е растворена во вода	растворлива
В	Сјајна, ковлива	1500	голема	нерастворлива
С	Мека, Жолта боја	113	не	нерастворлива



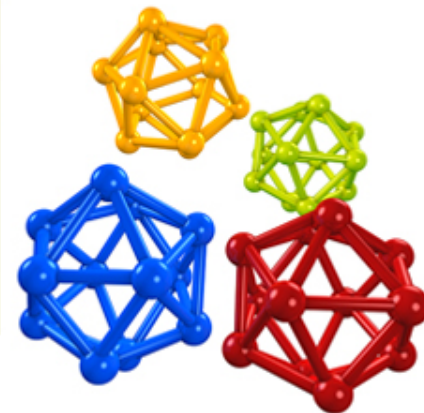
- 4. Елементарната ќелија на железото е волумно-центрирана кубична. Атомскиот радиус на железото изнесува 124 pm. Да се определи:**
- а) бројот на атоми во елементарната ќелија;**
 - б) координациониот број!**



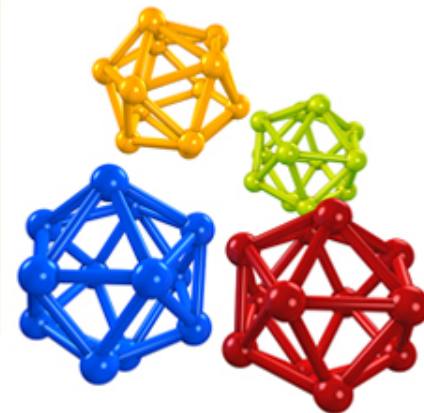
5. Структурата на индиум арсенид е од тип на сфалерит.

а) Колку изнесуваат координационите броеви на јоните на индиум и арсен

б) Да се определи формулната единица!



- 6. Еден оксид на рениум кристализира во кубичниот систем. Катјоните на рениум се сместени во темињата на елементарната ќелија, додека оксидните јони во средината на рабовите.**
- а) Колку изнесуваат координационите броеви на двата типа јони**
 - б) Да се определи формулата на оксидот!**



7. На сликата е прикажана елементарната ќелија на еден високо-температурен суперспроводник. Која е неговата формула?

