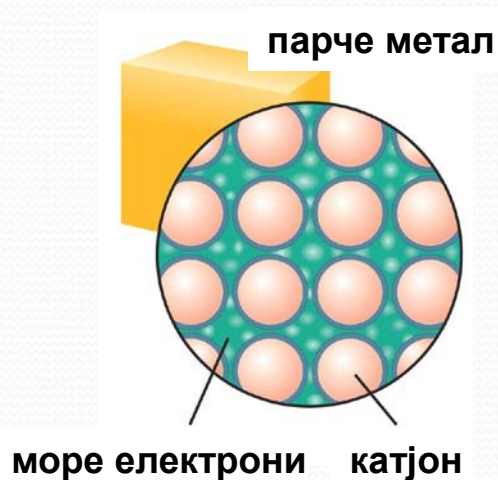


Сврзување кај металите и полупроводниците

Глава 7
Теоретска неорганска хемија

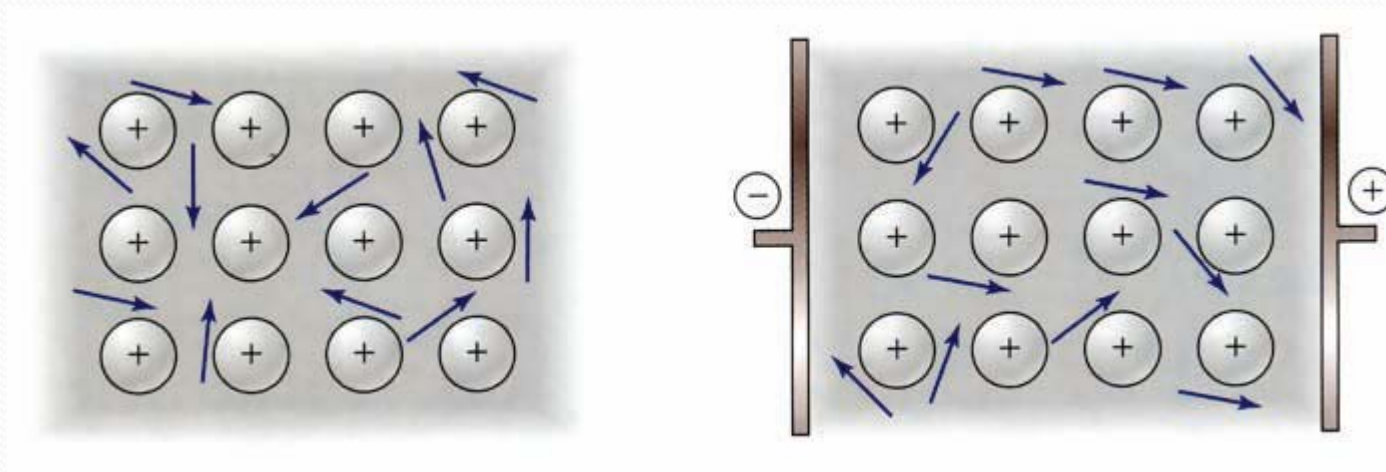
Модел на слободен електрон



Овој модел претставува **класична теорија** создадена по моделот на кинетичката теорија на гасовите.

Успешен во објаснувањето на многу физички својства на металите!

Модел на слободен електрон

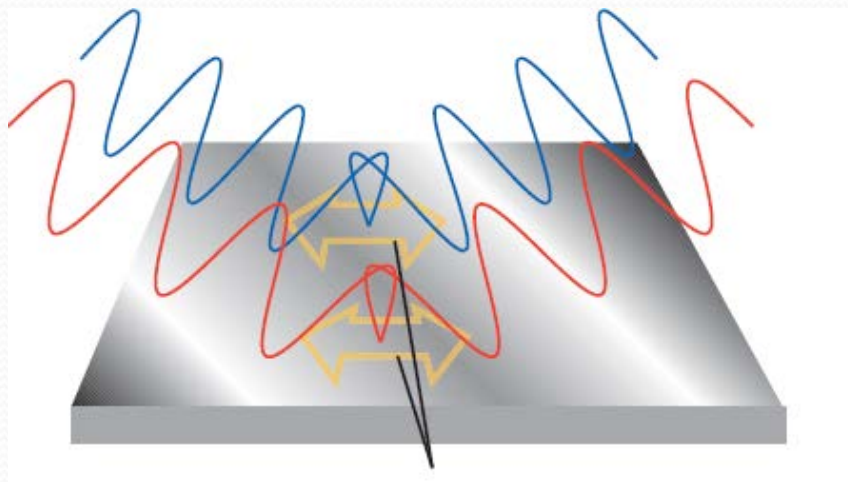


Успешен во објаснувањето на
електричната спроводливост кај металите!

Модел на слободен електрон

упаден бран

рефлектиран бран



Електрони кои осцилираат

Успешен во објаснувањето на
оптичките карактеристики кај металите!

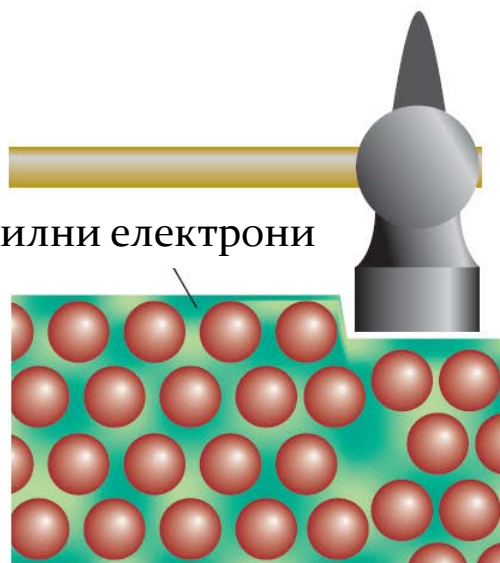
Модел на слободен електрон



Sandia National Laboratories (California)

Модел на слободен електрон

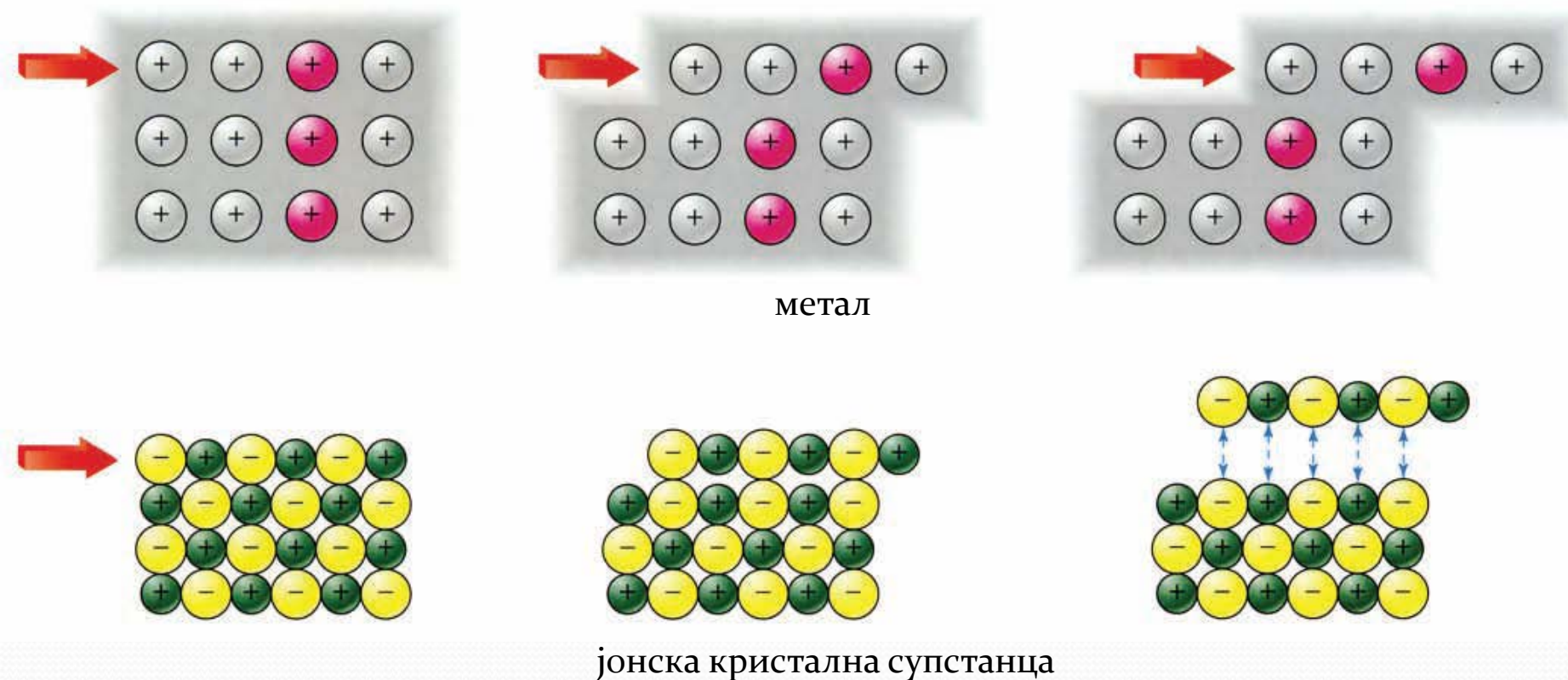
Море од мобилни електрони



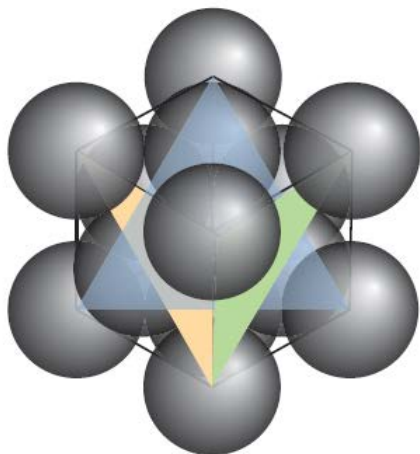
Ковливоста на олово *наспроти* кршливоста на кристали од PbO!

Модел на слободен електрон

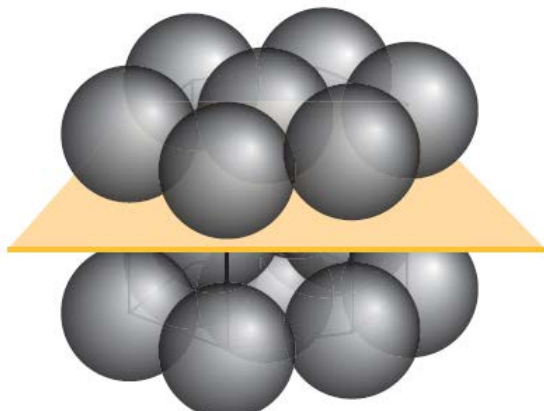
Ковливоста на металите во споредба со кршливоста на јонските кристални супстанции:



Модел на слободен електрон



Кубично-густо пакување



Хексагонално-густо пакување

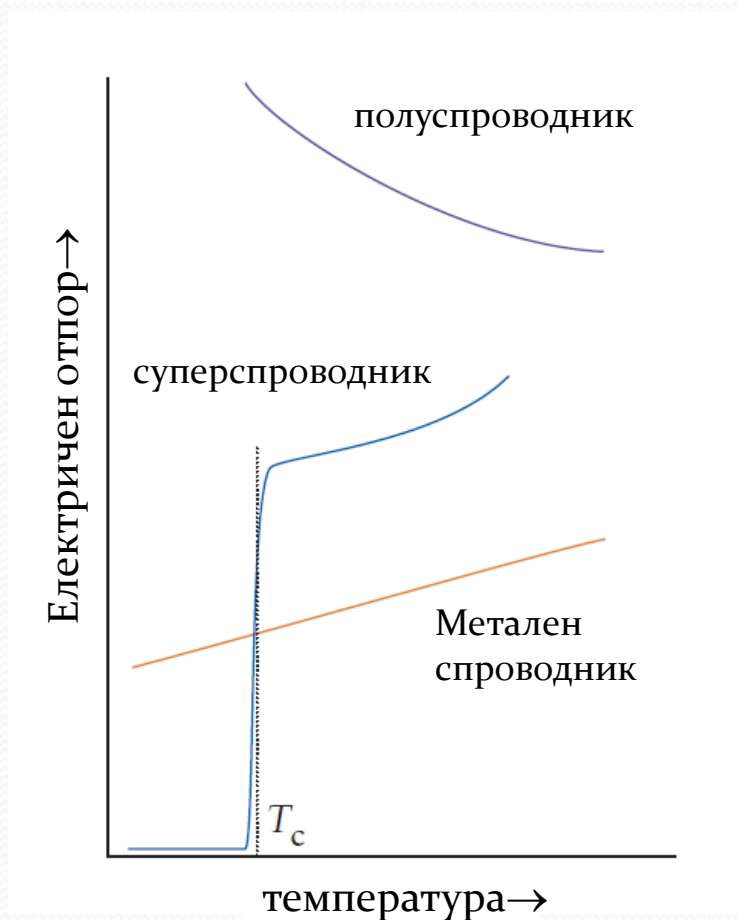
Разликата во ковливоста кај металите се должи на различните кристални структури.

Металите со кубично-густо пакување (како, на пример, бакар) се лесно ковливи.

Металите со хексагонално-густо пакување имаат само еден тип лизговни рамнини (како, на пример, цинк и кадмиум) и се релативно кршливи.

Модел на слободен електрон

Недоволно успешен во објаснувањето на ефектот којшто температурата го има врз електричната спроводливост на металот!



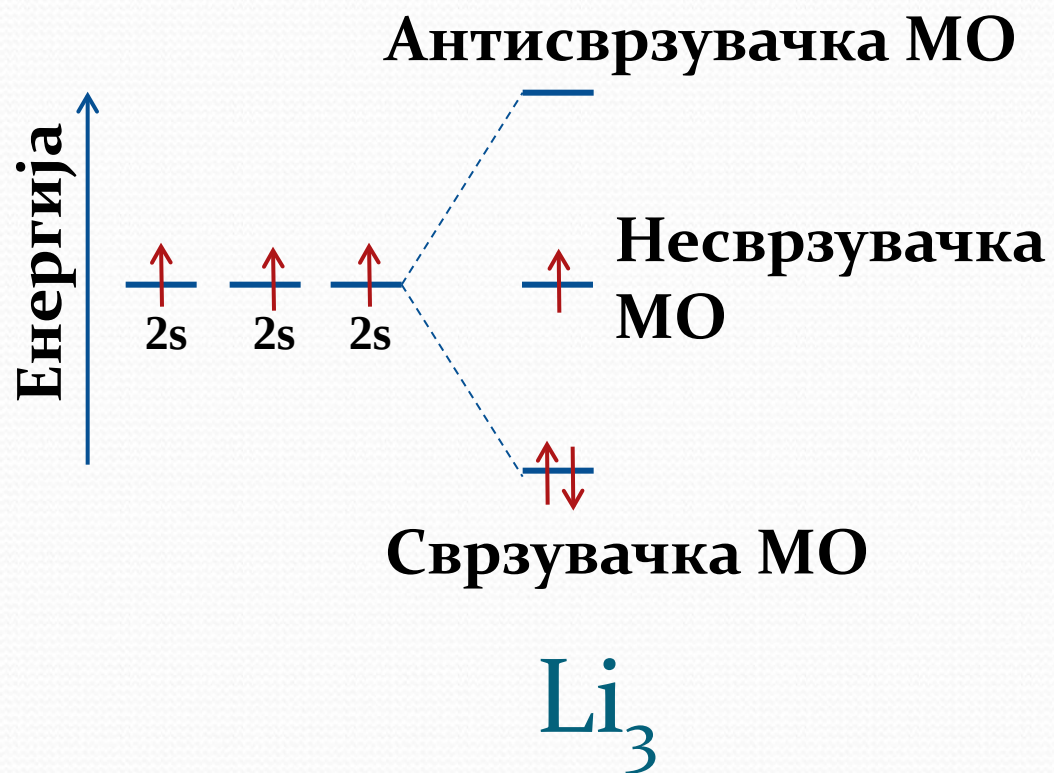
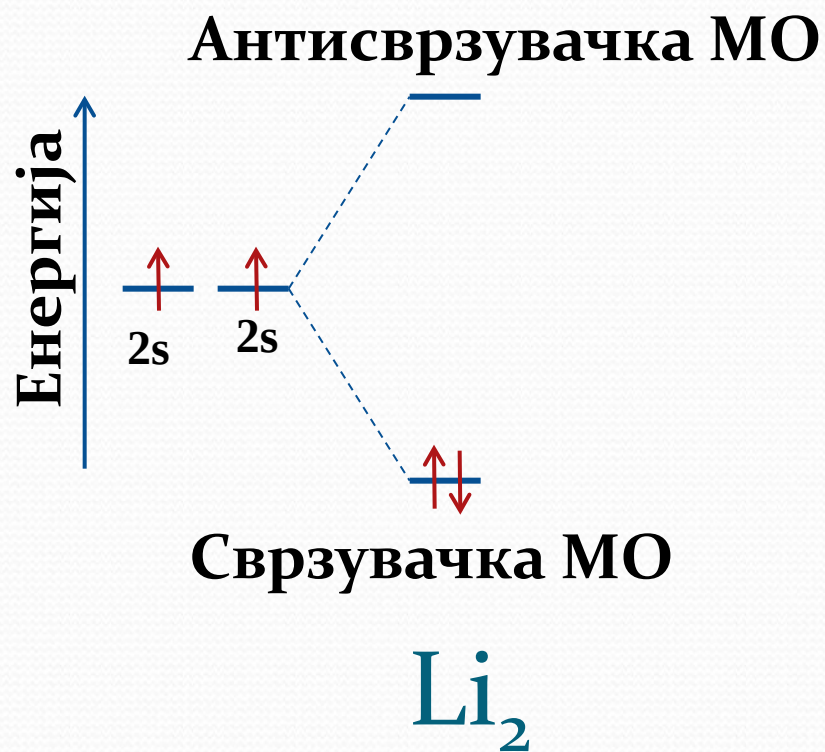
Кај металите електричниот отпор се зголемува со пораст на температурата!

Кај полупроводниците електричниот отпор се намалува со пораст на температурата!

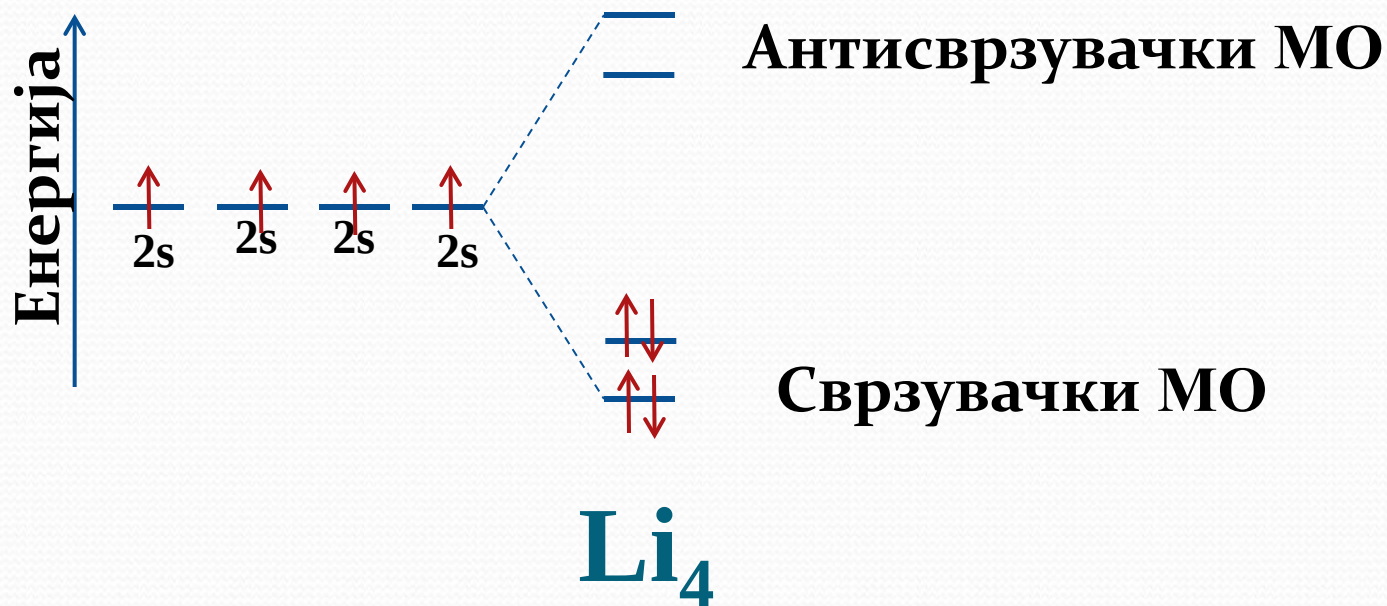
Суперспроводниците имаат електричен отпор нула под критичната температура!

Изолаторот се однесува како полупроводник со многу голем електричен отпор!

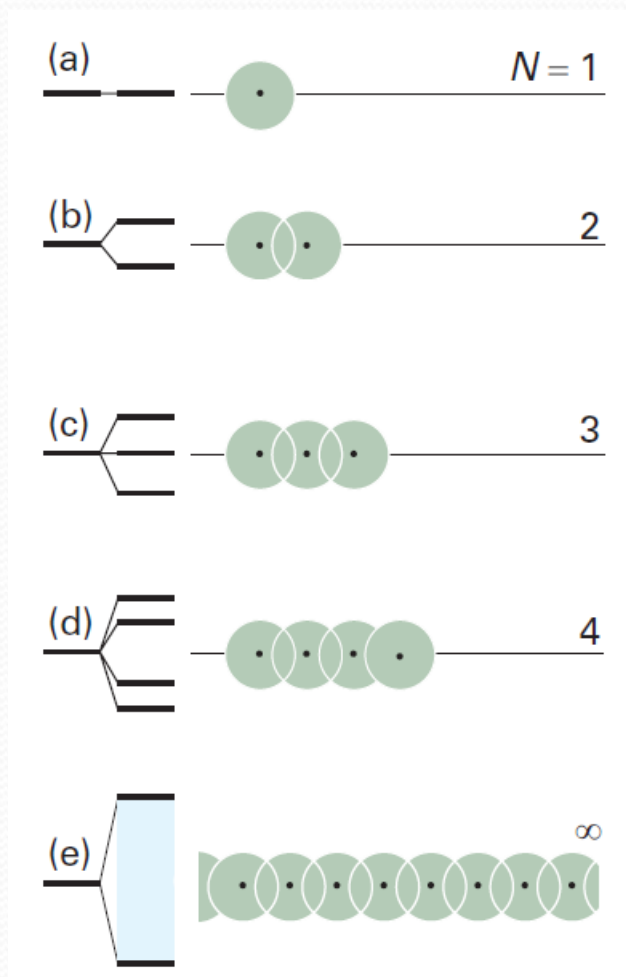
Молекулски орбитали кај Li_2 и Li_3



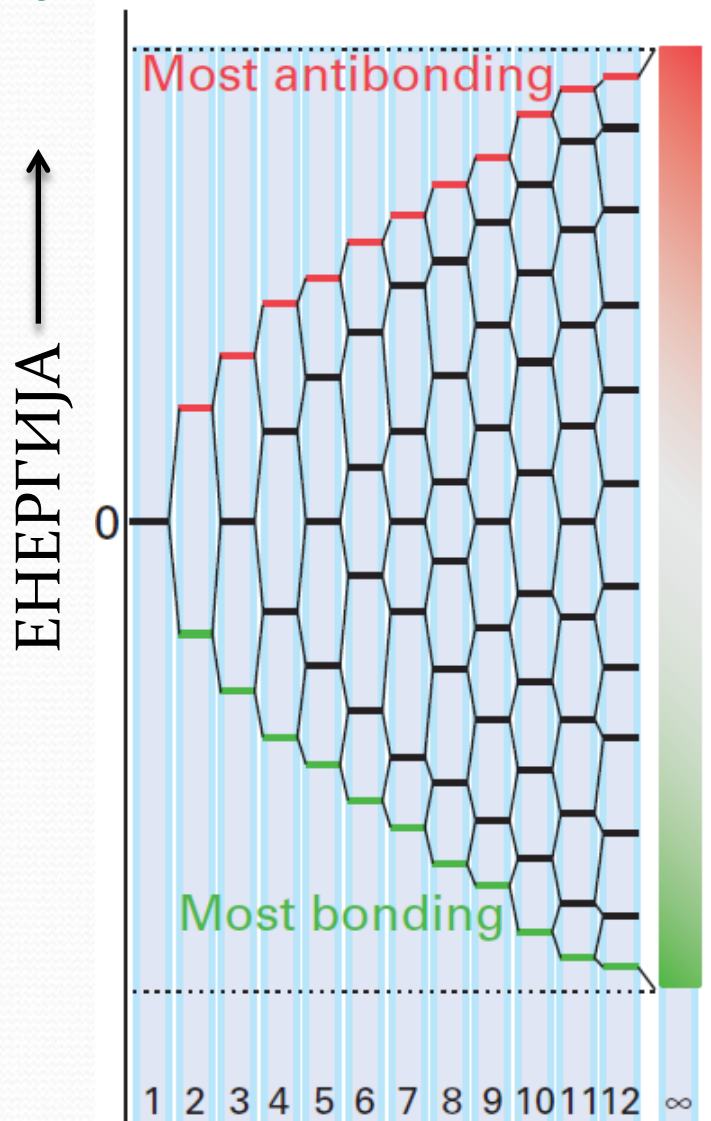
Молекулски орбитали кај Li_4



Од индивидуална АО до енергетска зона



Од индивидуална АО до енергетска зона

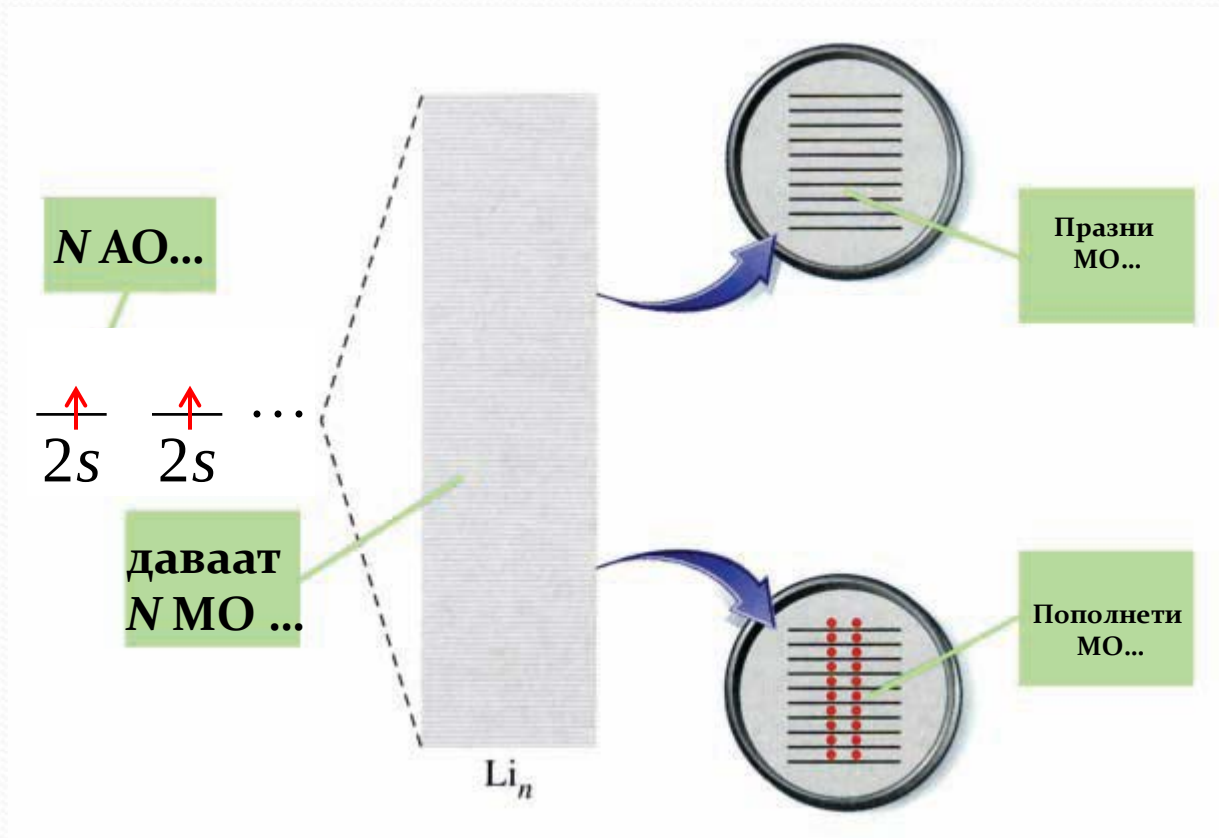


Број на атоми, N

s енергетска зона:

1) алкален метал

Пример: Li



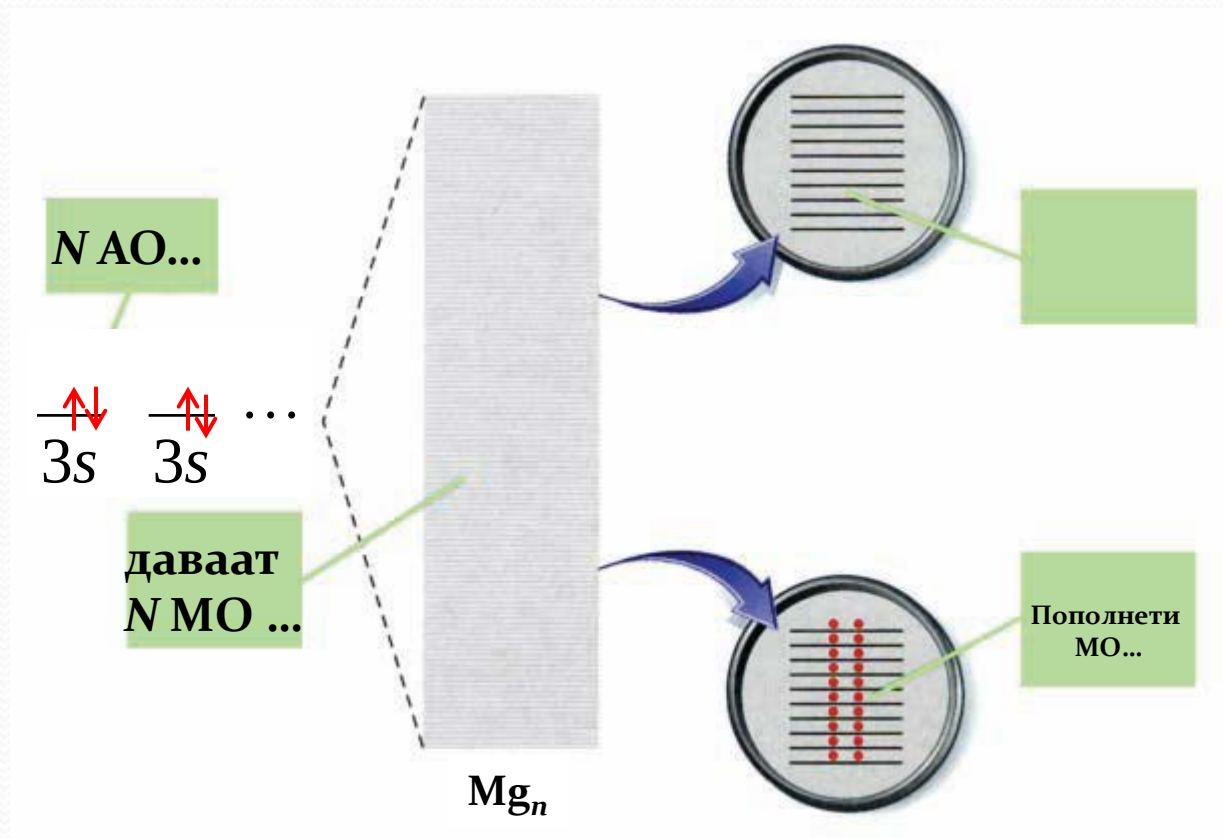
СПРОВОДНА
ЗОНА

При $T = 0\text{ K}$, s енергетската зона е
полупополнета со валентните електрони.

s енергетска зона:

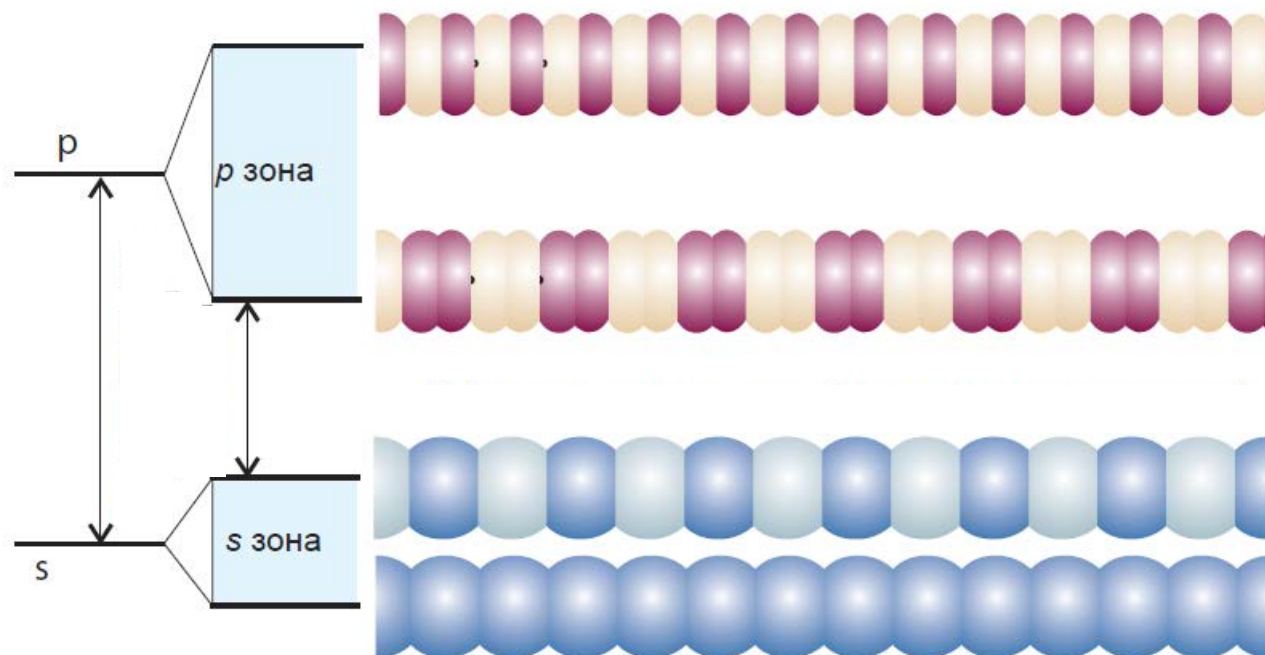
2) земноалкален метал

Пример: Mg

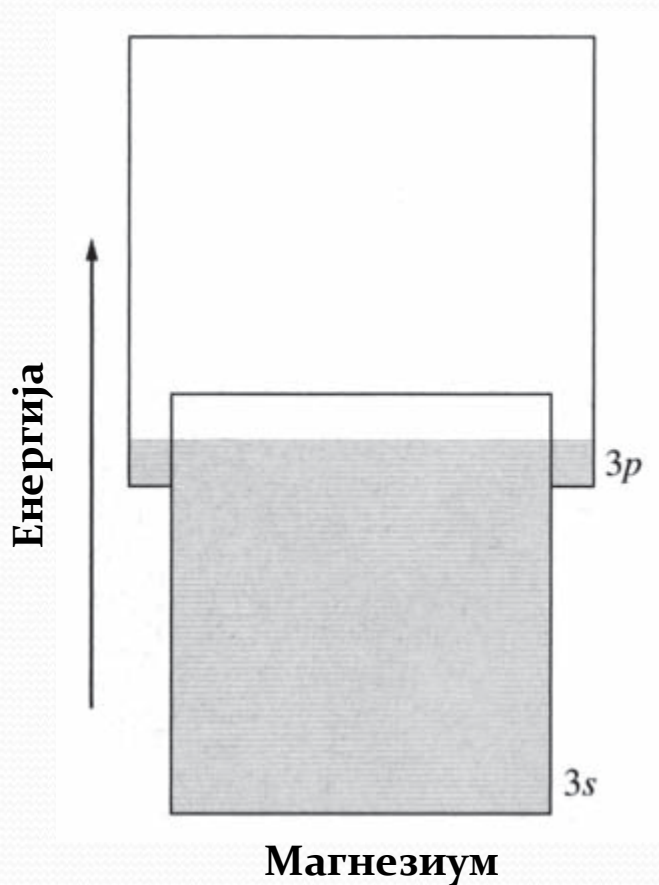


При $T = 0 \text{ K}$, s енергетската зона е целосно пополнета со валентните електрони.

s и p енергетски зони



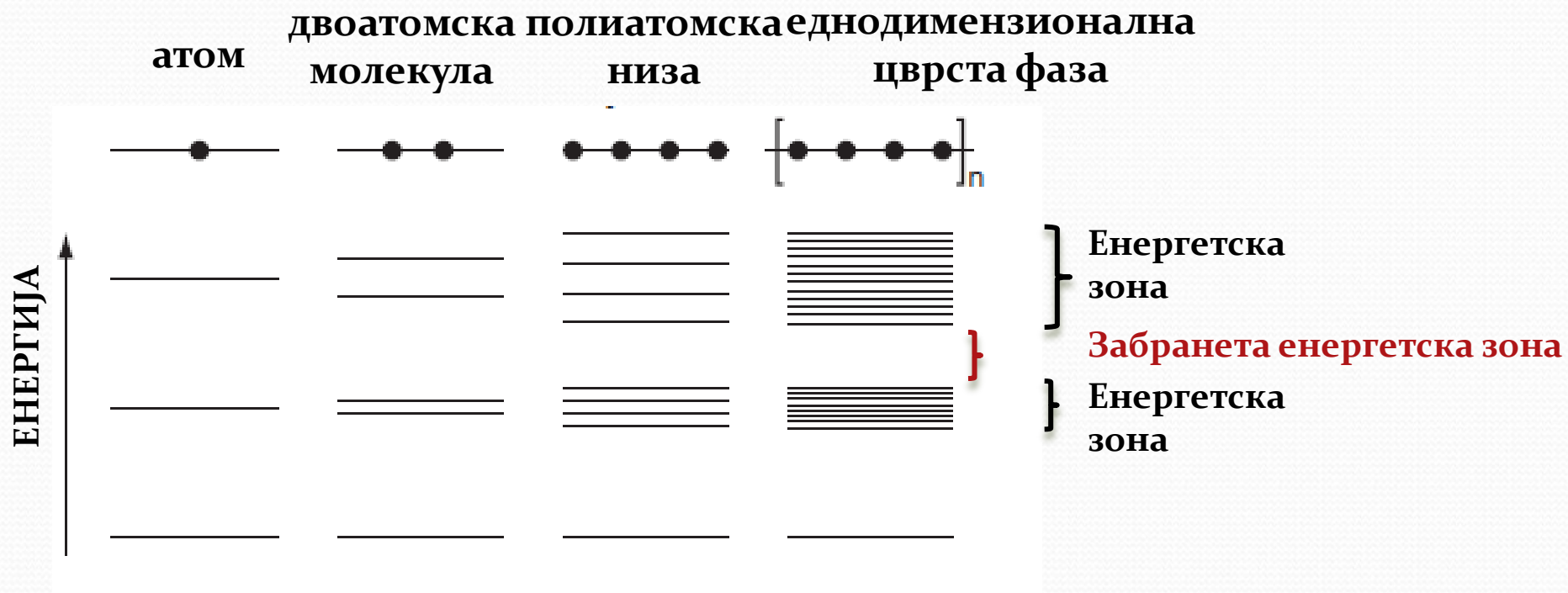
Како зонската теорија ја објаснува електричната спроводливост на Mg ?



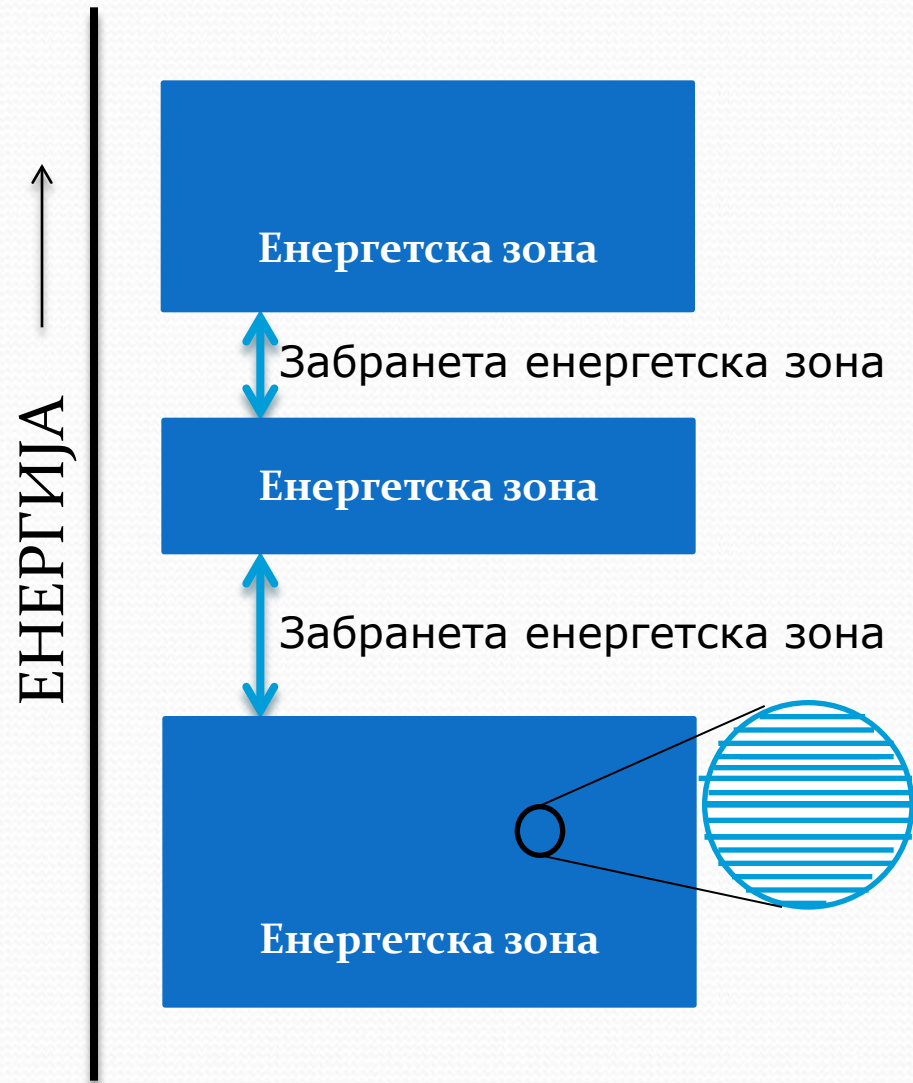
3s и 3p зоните се препокриваат и функционираат како спроводна зона правејќи го магнезиумот електричен спроводник.

Од изолиран атом до (еднодимензионална) цврста фаза

Енергетски дијаграм на:

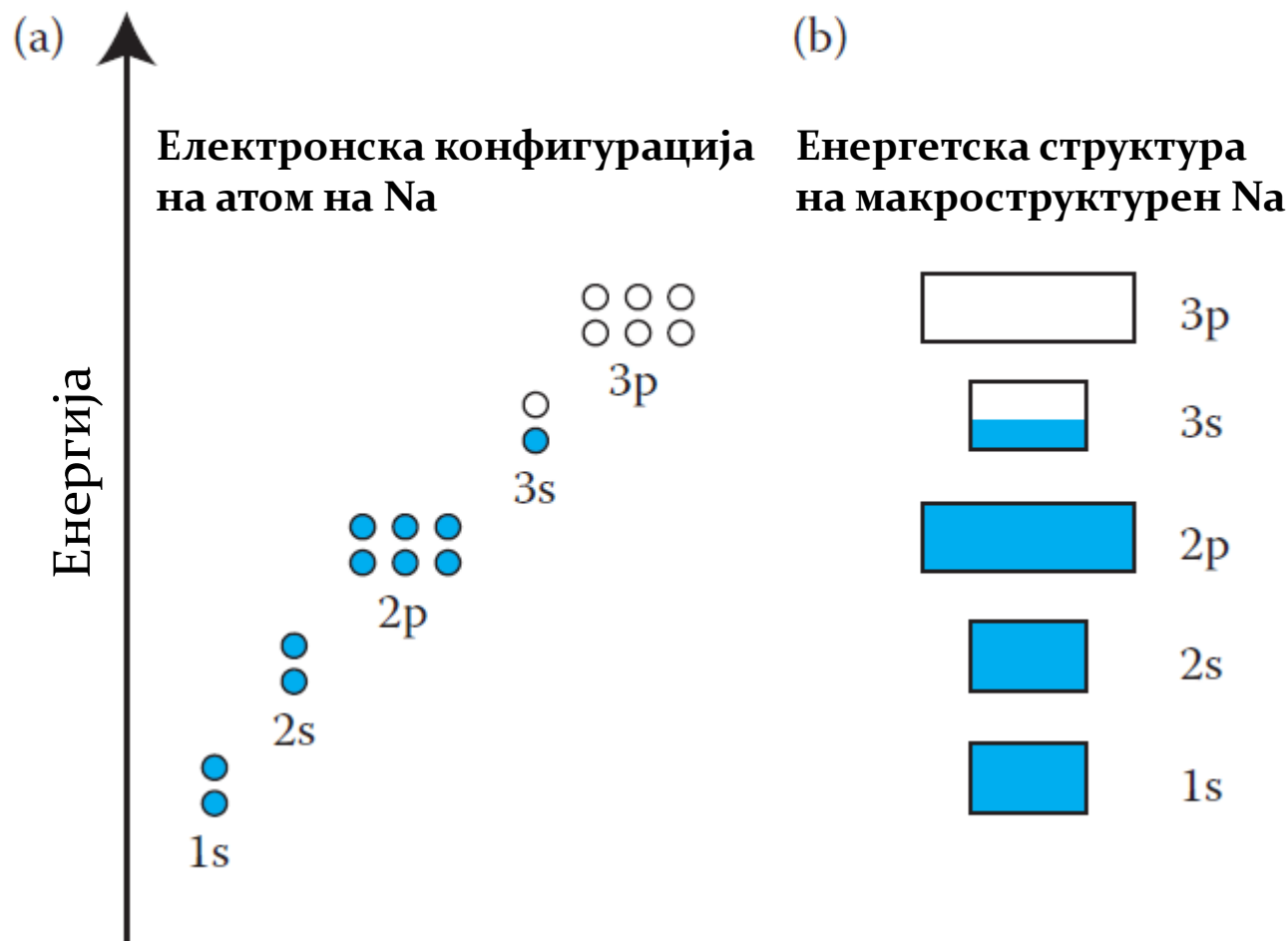


Електронска структура на цврста фаза



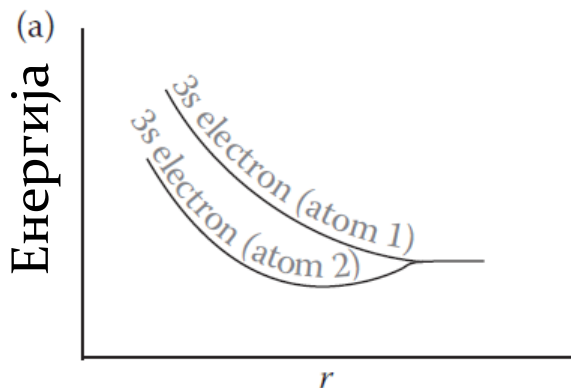
Енергетски зони

Енергетските зони соодветствуваат на квантизираните енергетски нивоа т.е. на електронските подслоеви!

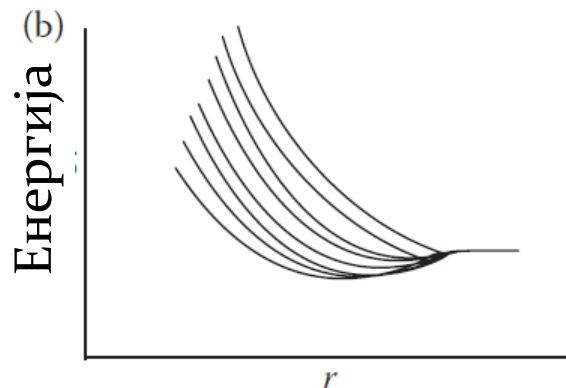


Енергетска зона

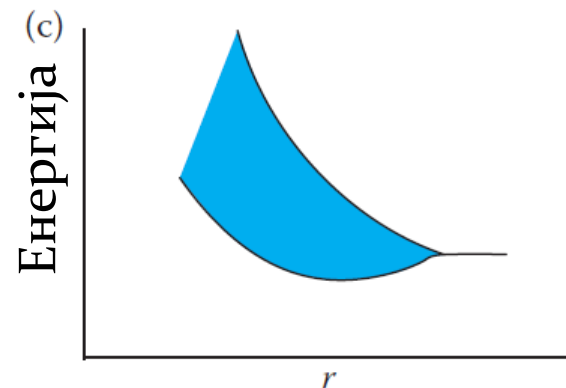
Аналогија со сообраќајот!



Два атоми



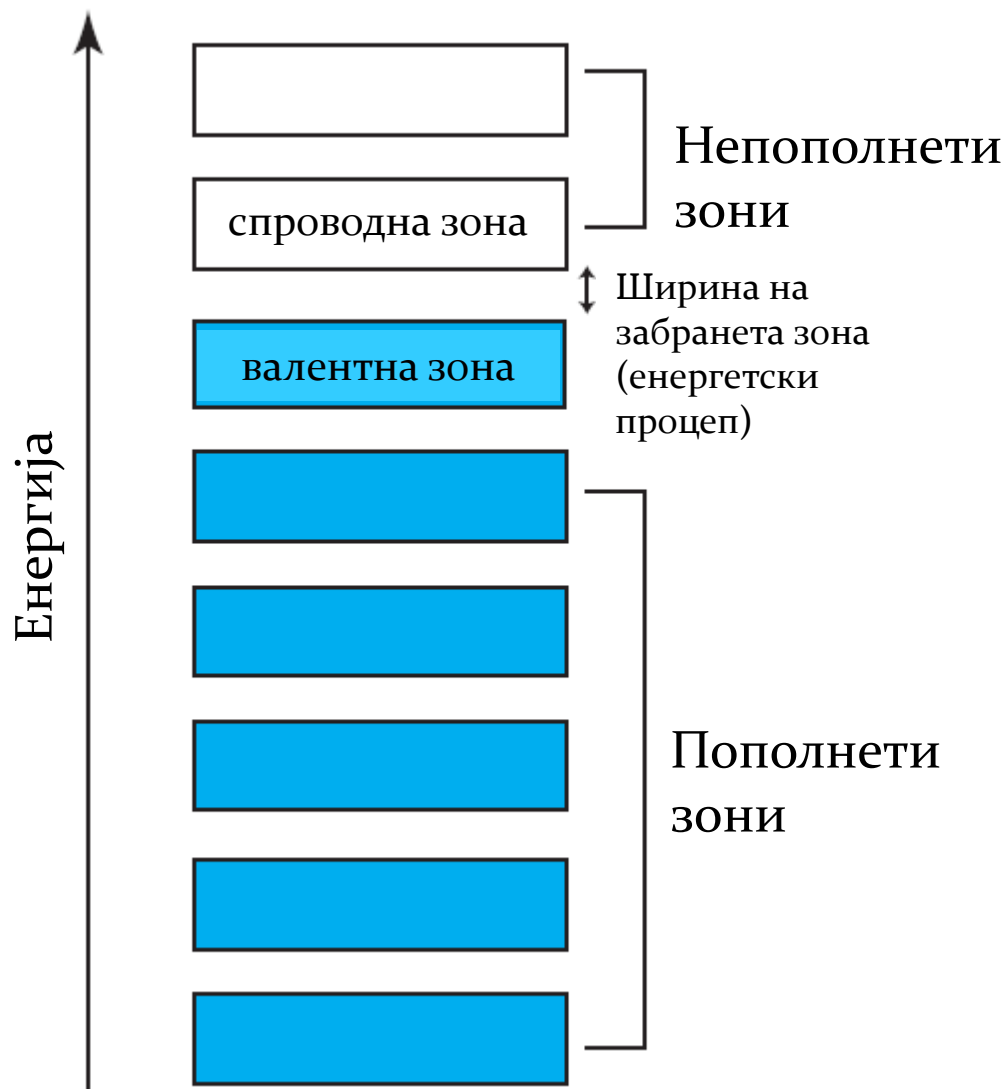
Осум
атоми



Огромен
број атоми

Енергија на валентните електрони кај Na
како функција од растојанието

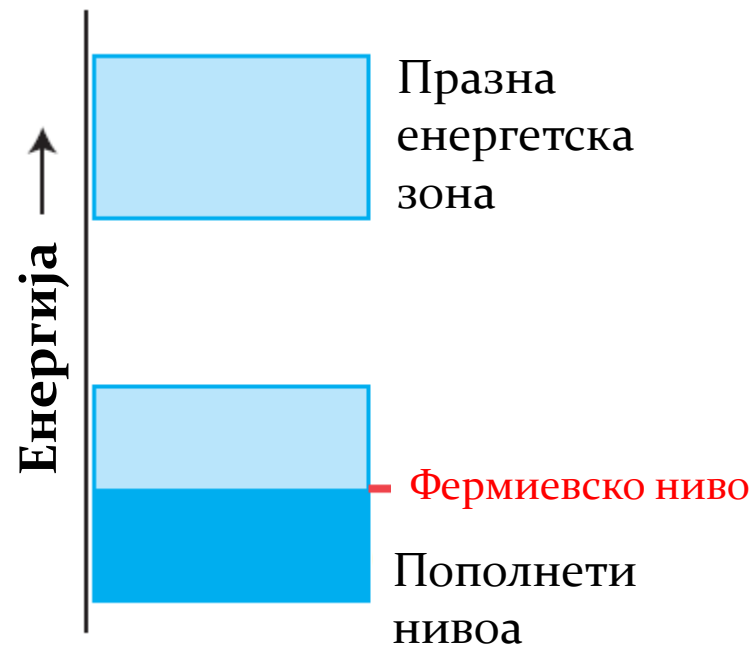
Енергетска структура на цврста фаза



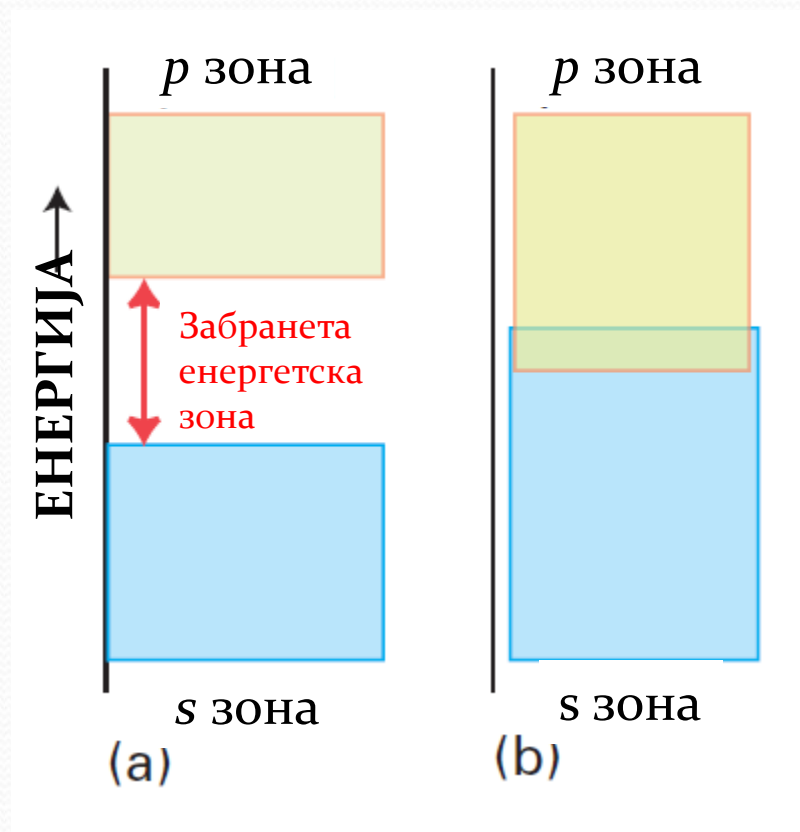
Пополнување на орбиталите од енергетската зона

При $T = 0\text{ K}$ кога N електрони ја пополнуваат енергетската зона од N -те МО, зоната е полупополнета.

- ✓ **Фермиевско ниво** највисокоенергетската пополниета молекулска орбитала (НОМО) .

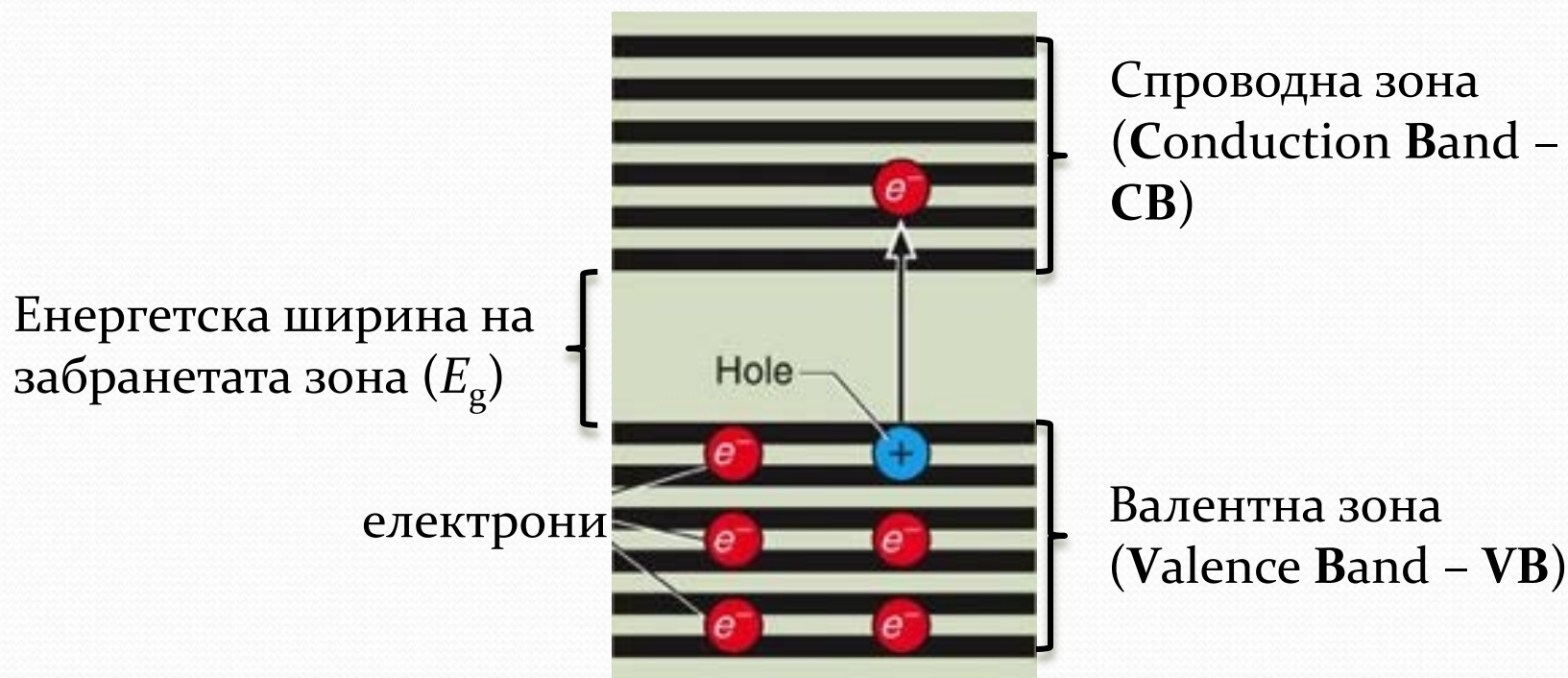


s и p енергетски зони и енергетскиот процес меѓу нив



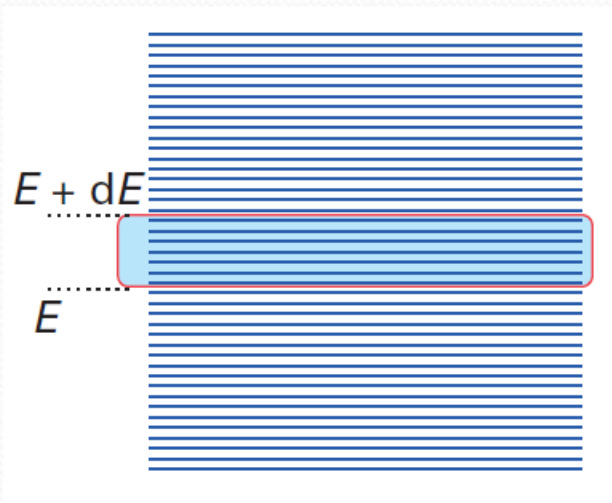
Силни интеракции
меѓу атомите

Спроводна и валентна зона



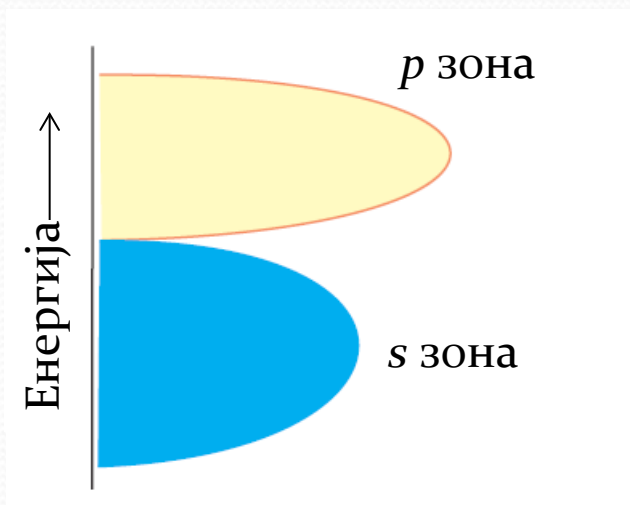
При експитација на електронот во повисоко енергетско ниво во спроводната зона, во валентната зона се образува електронска празнина.

Густина на состојби (Density of States – DoS)

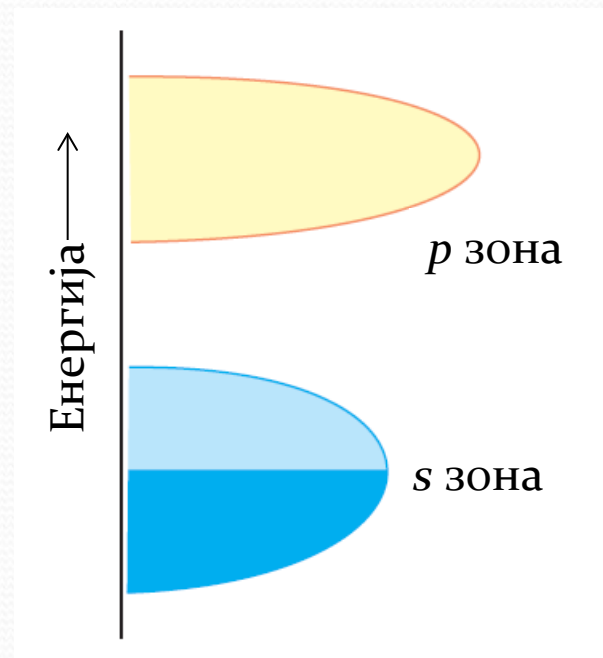


Индикација за:

- ✓ Структурата
- ✓ Густината на пакување на електронските нивоа во квантно-механичкиот систем



семиметал



метал

Густина на состојби

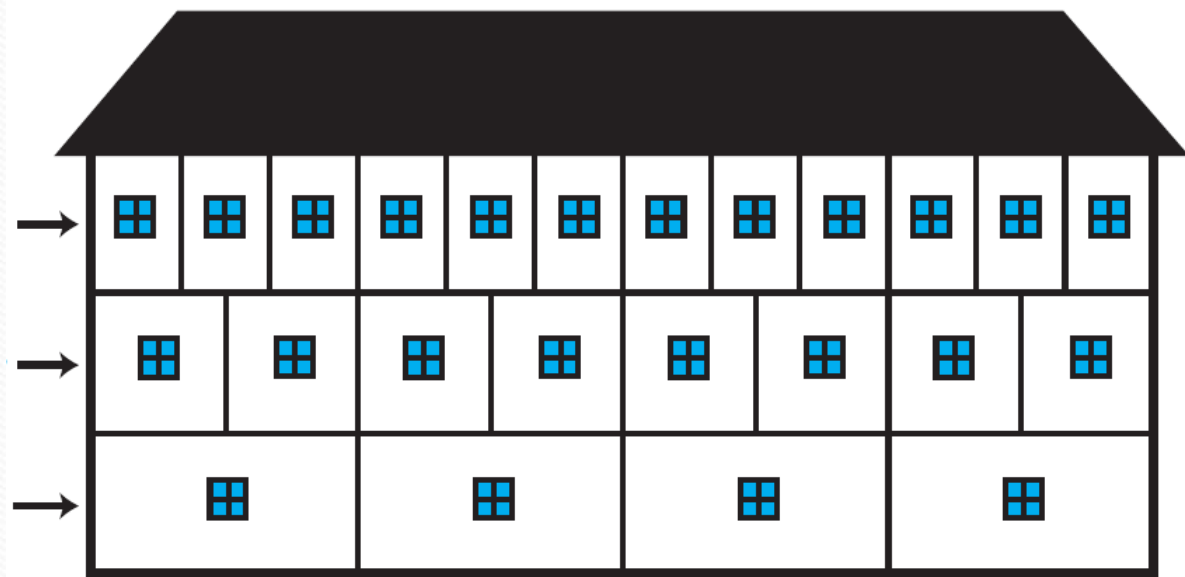
Аналогно со густината на станови на различни катови:

Становите (енергетски состојби) во зградата (волумен аналоген со честичка) со три ката (енергии)

3 кат: 0,12 станови $\text{кат}^{-1} \text{m}^{-3}$

2 кат: 0,08 станови $\text{кат}^{-1} \text{m}^{-3}$

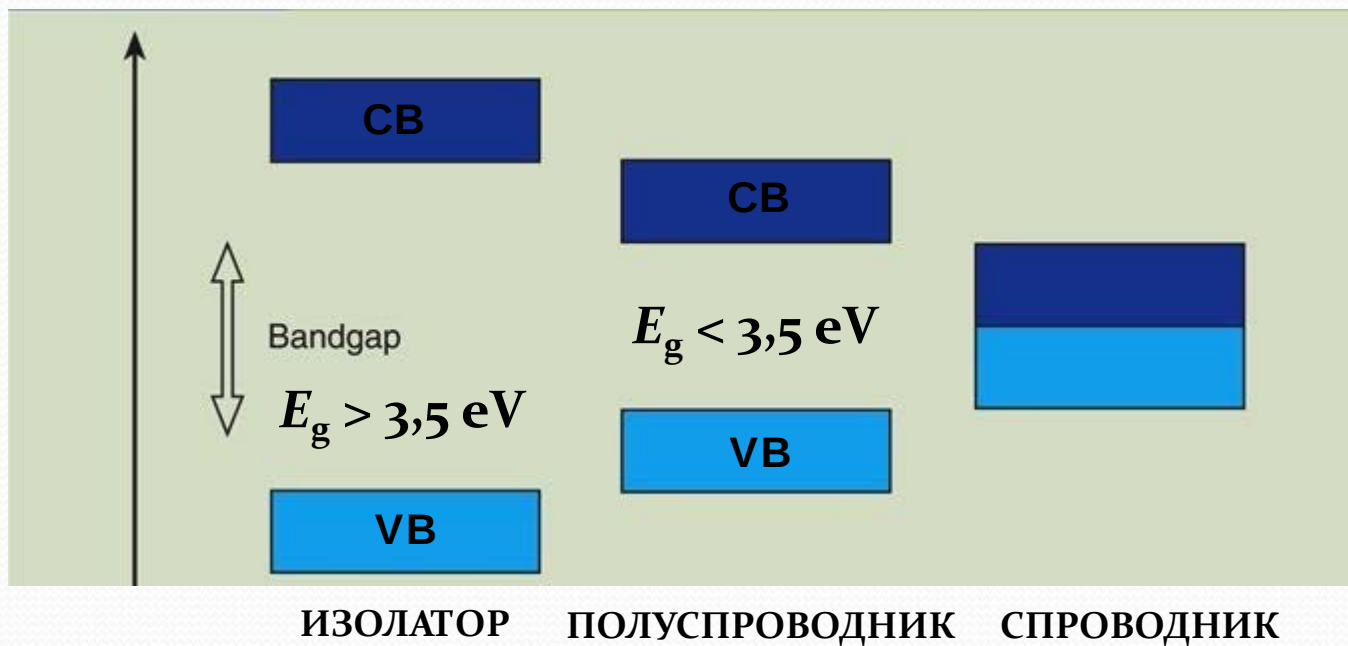
1 кат: 0,04 станови $\text{кат}^{-1} \text{m}^{-3}$



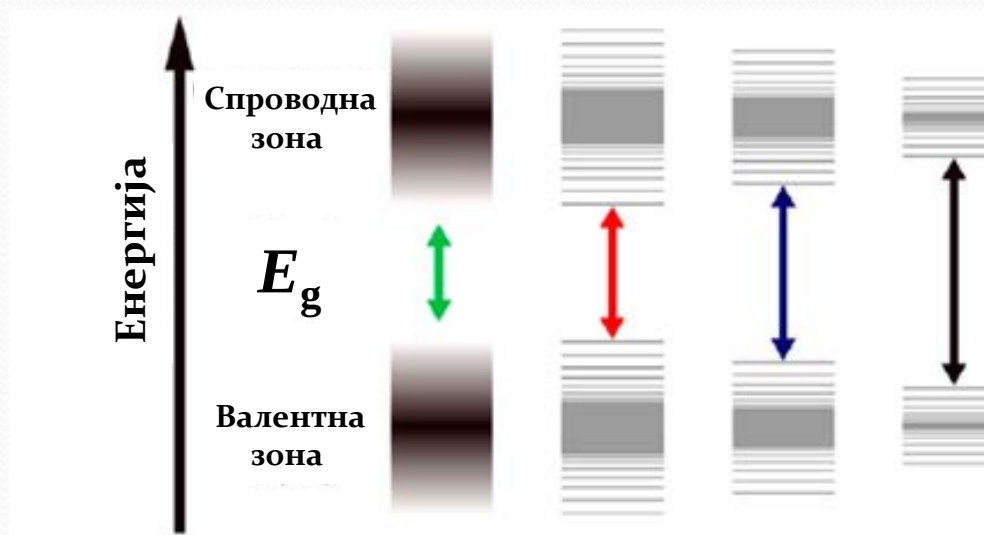
Волуменот на оваа зграда = 100 m^3

**Зграда со поголем волумен би вклучувала
поголем број на станови/кат!**

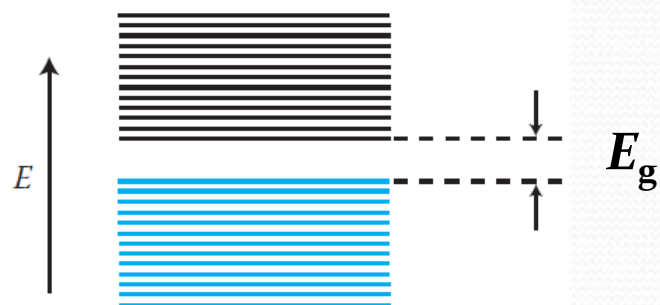
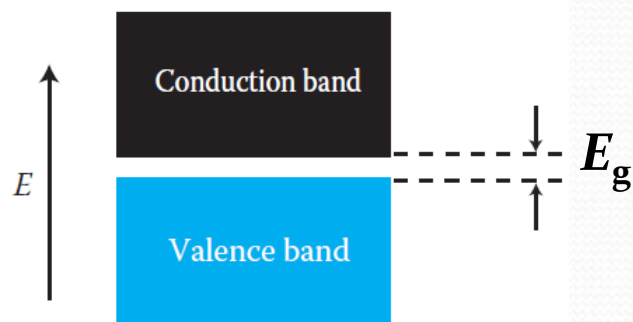
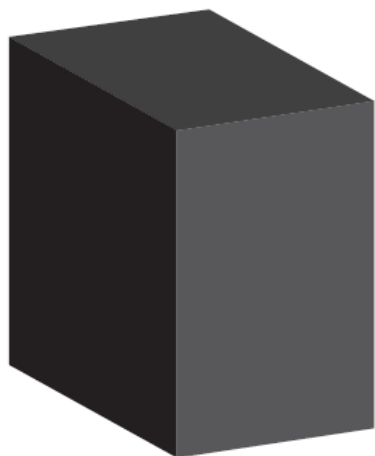
Енергетска ширина на забранетата зона (E_g)



Енергетски дијаграм: од макроструктурен до наноструктурен примерок



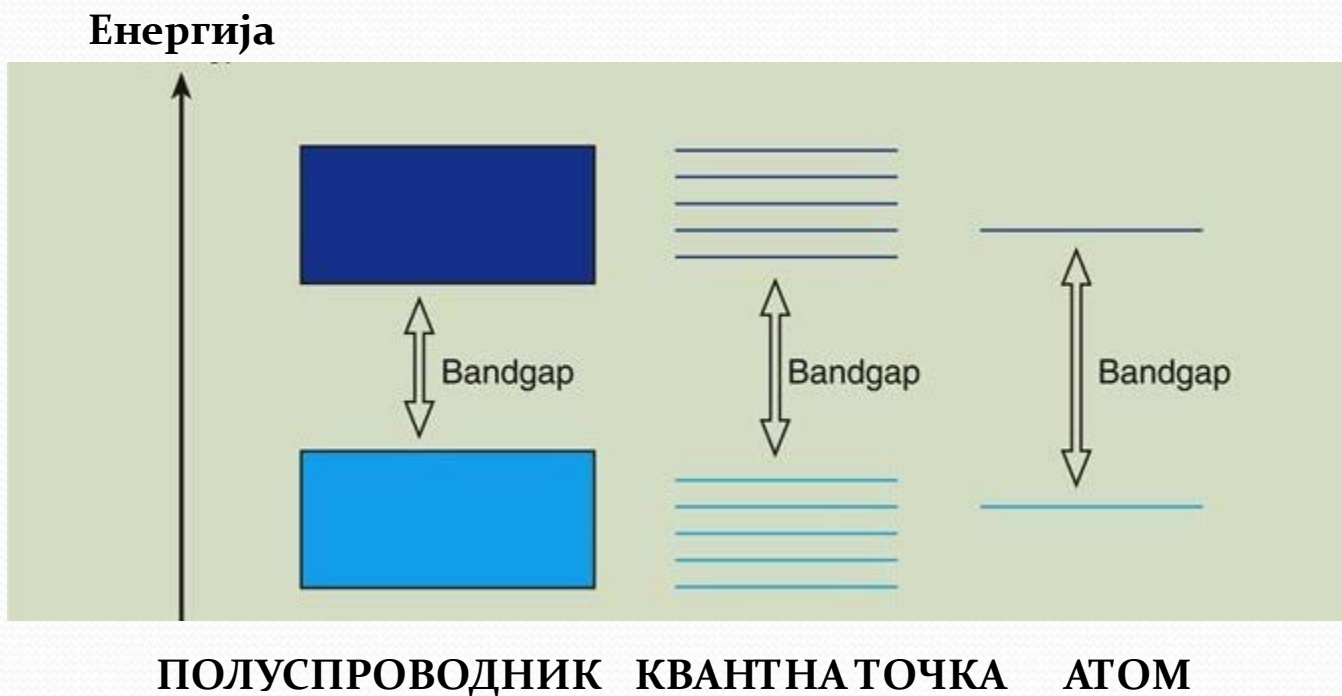
КВАНТНИ ТОЧКИ
(тродимензионални
наночестички)
со различни големини



Помали наночестички,
поголем енергетски процеп

Можност за подесување на
оптичките и електронските
карактеристики

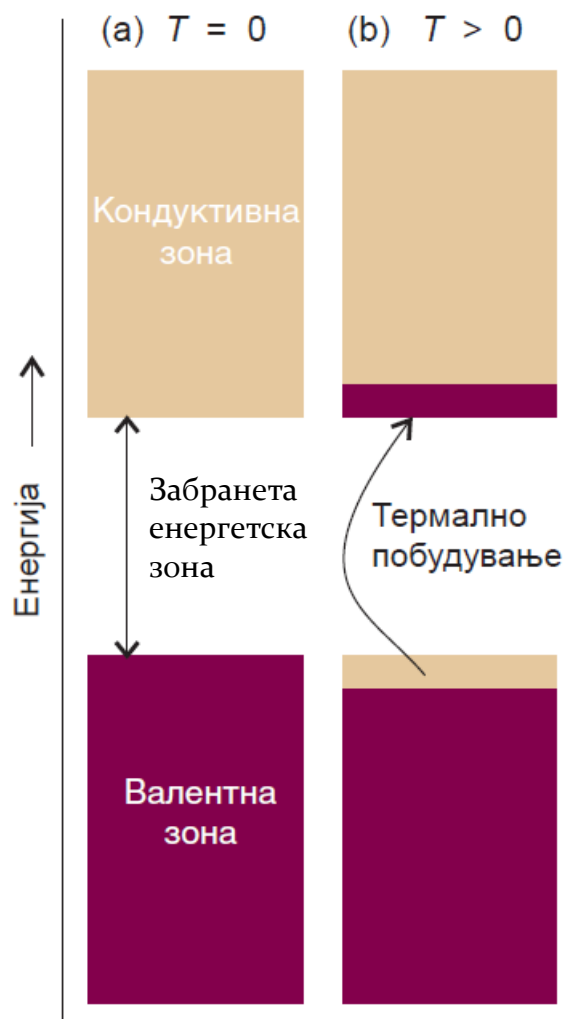
Енергетски дијаграм: од макроструктурен до наноструктурен примерок



Енергетска ширина на забранетата зона при 298 K

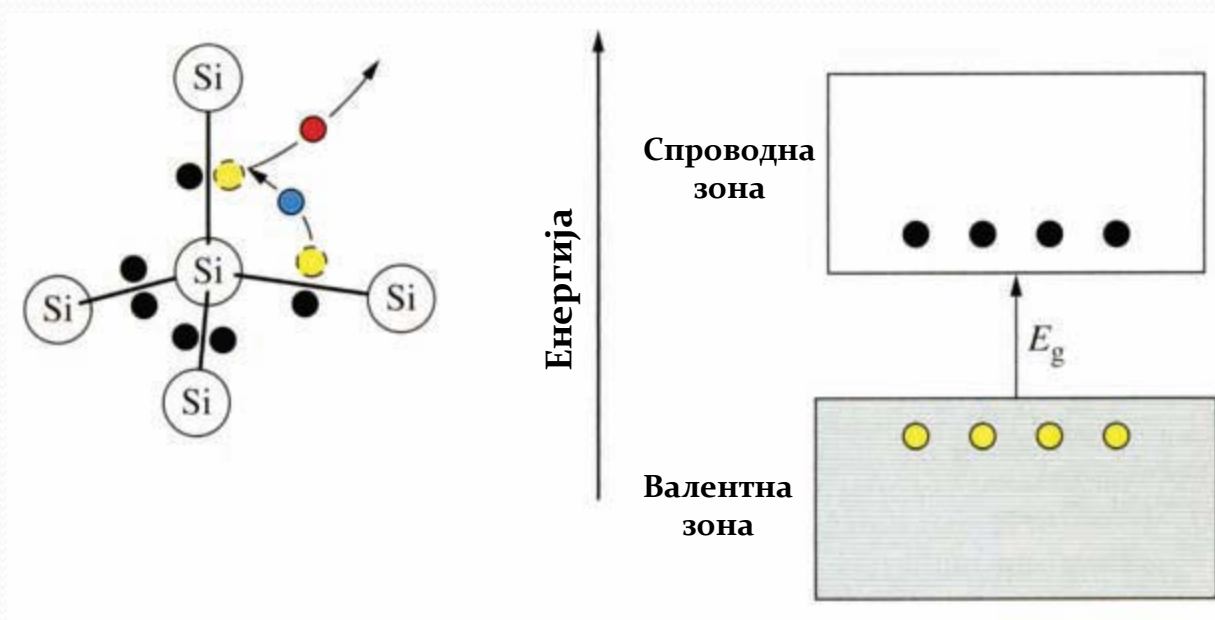
супстанца	E_g / eV
Дијамант	5,47
Силициум карбид	3,00
Силициум	1,11
Германиум	0,66
Галиум арсенид	1,35
Индиум арсенид	0,36

Чист (сопствен) полупроводник



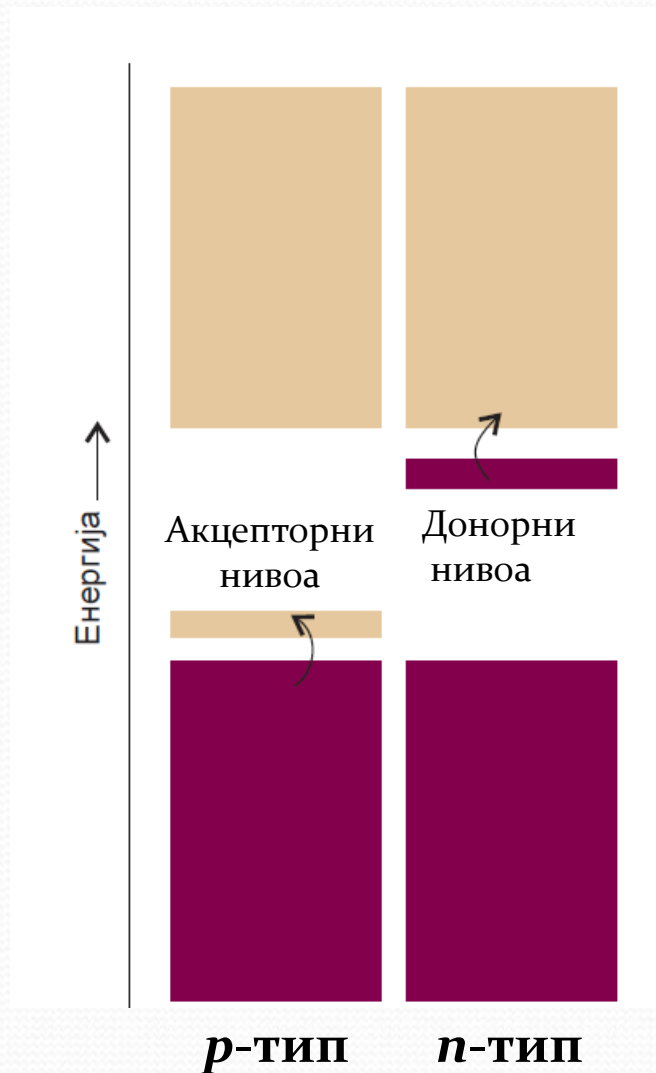
При $T = 0$ К, полупроводникот се однесува како изолатор.

Чист (сопствен) полупроводник



**Слободни електрони и електронски шуплини -
носители на полнеж кај полупроводниците**

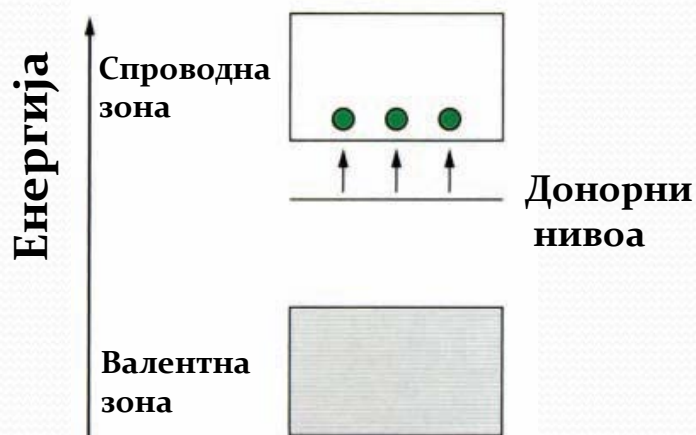
Примесен полупроводник



Полупроводник од:

Несопствен (примесен) полупроводник

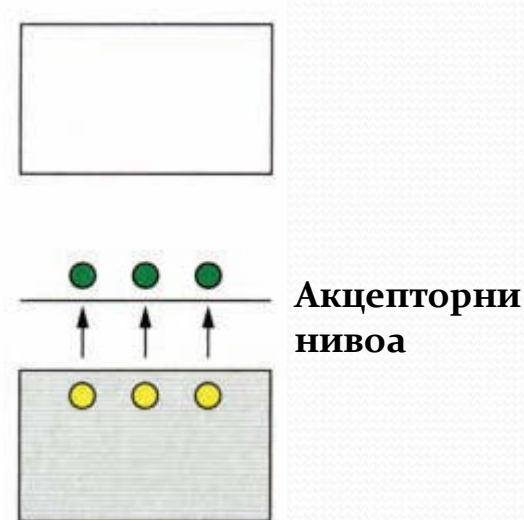
n-тип полупроводник



Допингување со допант чии атоми содржат поголем број електрони од атомите на домаќинот

As додаден кон Si

p-тип полупроводник

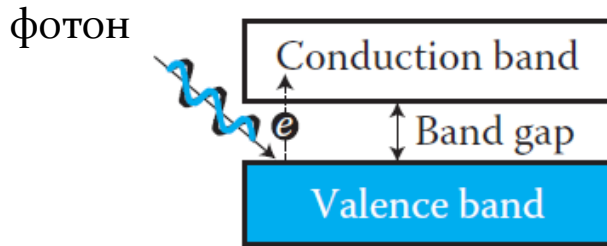


Допингување со допант чии атоми содржат помал број електрони од атомите на домаќинот

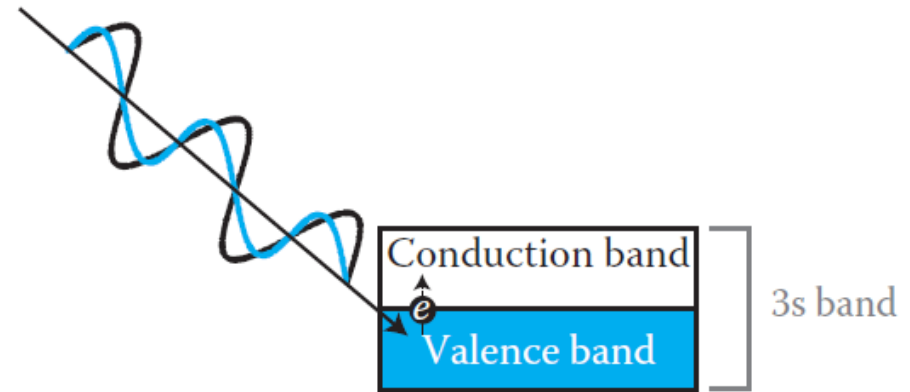
In додаден кон Si

Можност за контрола на својствата по пат на внесување на допанти !!

Апсорпција на фотони



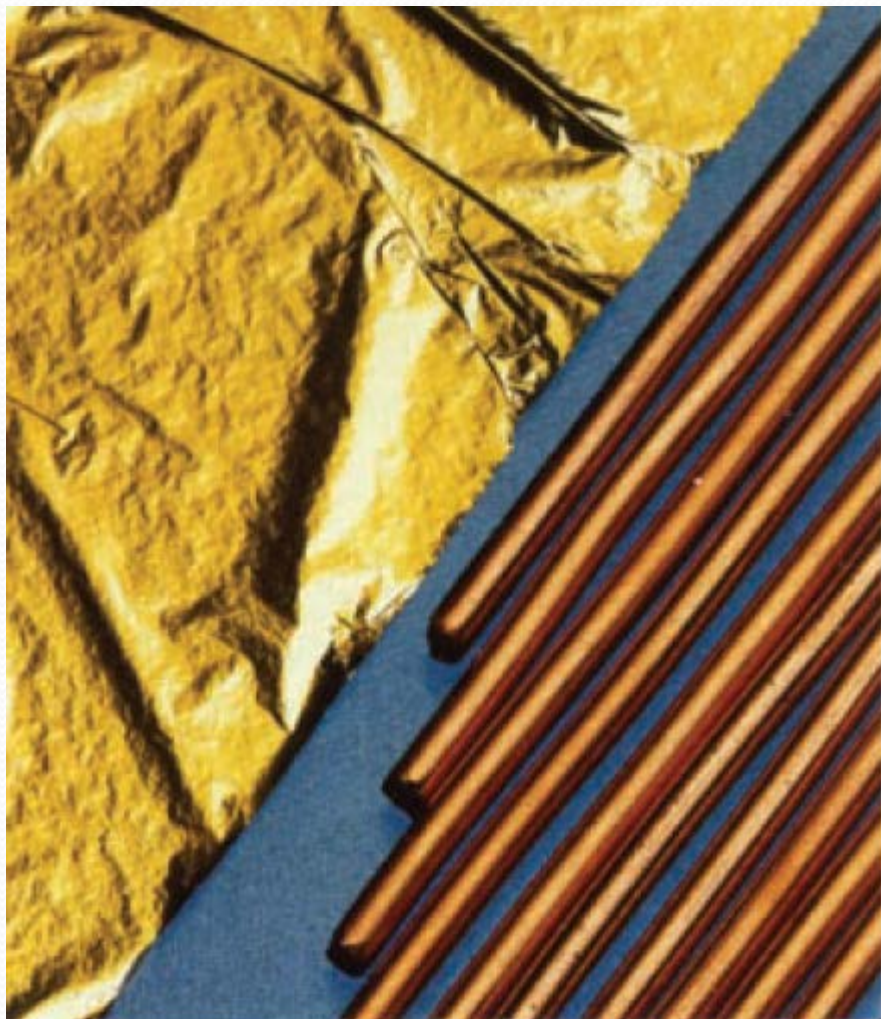
Меѓузонска апсорпција
(силициум)



Интразонска апсорпција
(натриум)

- ❑ Изолатори и полупроводници: валентниот електрон може да апсорбира фотони кои имаат доволно енергија за да се индуцираат електронски премини во спроводната зона (меѓузонски електронски премини).
- ❑ Метали: бидејќи во делумно пополнетата енергетска зона на располагање се голем број празни енергетски состојби, валентниот електрон може да апсорбира фотони со помала енергија т.е. поголема бранова должина (интразонски електронски премини).

Сјајност и боја кај металите



Златото и бакарот имаат метална сјајност, која е во тесна врска со рефлектираната светлина. Со оглед на тоа што тие ги апсорбираат и рефлектираат поефикасно подолгите бранови должини од видливиот дел, имаат карактеристични бои: црвенкасто за бакар и жолто за злато.

- 
1. Силициумот може да се допингува со фосфор и притоа образуваниот материјал наоѓа примена кај транзисторите.
- а) Дали легурата е од интерстицијален или супституцијален тип? Објасни!
 - б) Какви својствата се очекуваат кај допингуваниот материјал во споредба со чист силициум?

2. Германиумот е полупроводник. Ако мали количества од In, P, Sb и Ga се присутни како примеси, во кои случај/и допингуваниот германиум ќе се однесува како:
- а) p-тип полупроводник
 - б) n-тип полупроводник?

3. Цинк оксид е полупроводник. Неговата спроводливост се зголемува кога се загрева во вакуум, но се намалува кога се загрева во атмосфера на кислород. Зошто?