

Polovodiče pro střední školy

(Pevná) látka se skládá z atomů, tedy z atomových jader a elektronů v obalu. Pro většinu vlastností a jevů v látkách jsou důležité elektrony (chemické vazby, optické vlastnosti, elektrické vlastnosti). Důležité pro nás nyní budou právě elektrony.

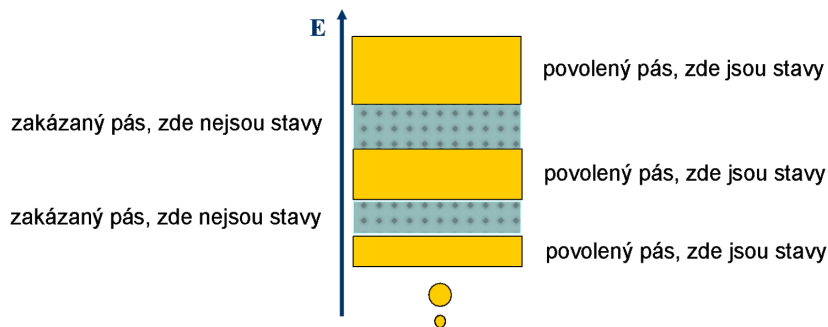
Každý elektron může zaujmout látce určité „místo“. Říkáme stav.

Analogie: Každý student ve škole musí zaujmout určité místo – svoji židli.

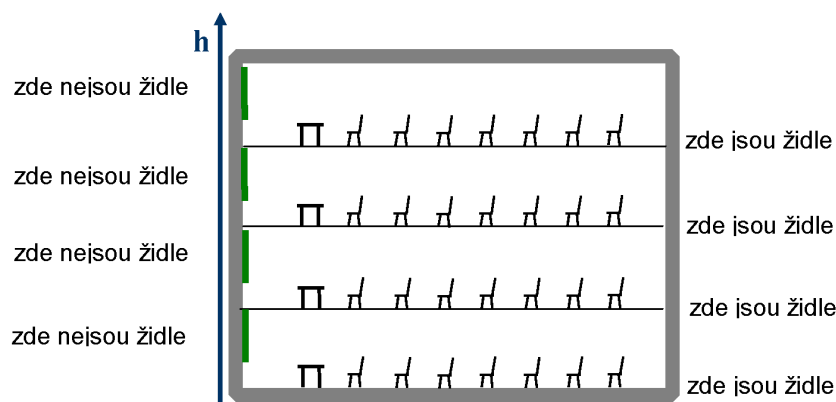
Látka má připraveny stavy pro elektrony, podobně jako škola má připraveny židle pro studenty. Je-li v daném stavu elektron, říkáme, že stav je obsazený, v opačném případě neobsazený. *Stejně i židle ve škole jsou obsazené a neobsazené.*

Následující výklad vychází ze tří předpokladů, kterým se musí věřit:

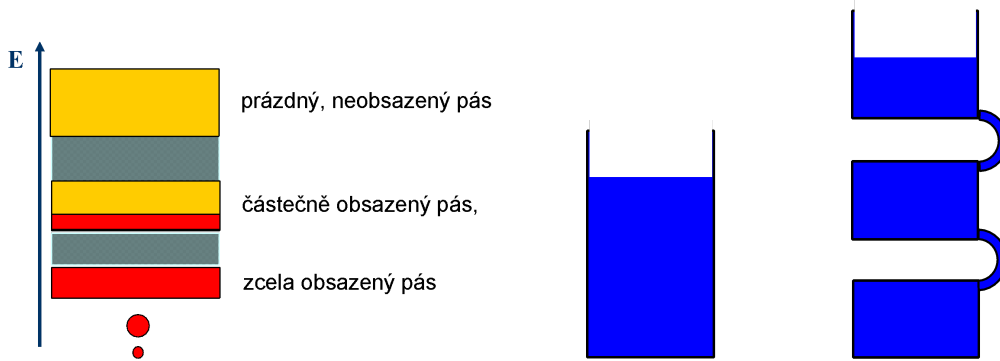
1) Pokud stavy uspořádáme podle energie, zjistíme, že jsou seřazeny do pásů.



Analogie: pokud uspořádáme židle ve škole podle nadmořské výšky zjistíme, že jsou uspořádány do určitých hladin



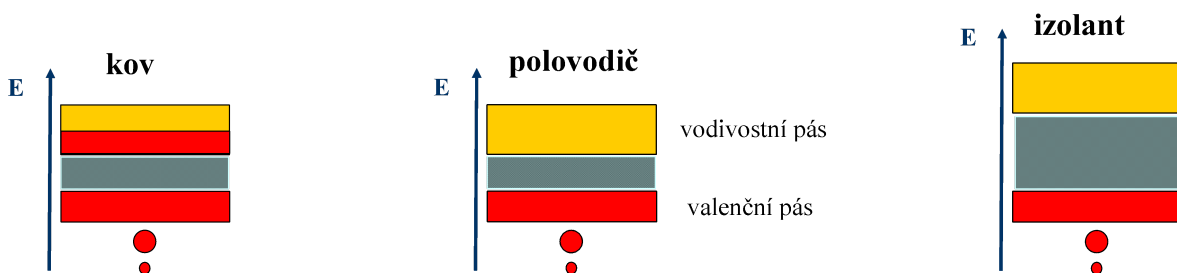
2) Elektrony obsazují stavy od nejnižších energií – „odspodu“. Stav obsazený jedním elektronem již nemůže přijmout druhý elektron. *Analogie: molekuly vody obsazují místo v nádobě odspodu, Prostor, který zaujme jedna molekula, již nemůže být zaplněn druhou molekulou.*



3) Elektrický proud může vést jen pás, který je jen částečně zaplněný, tj. není ani zcela prázdný, ani zcela plný.

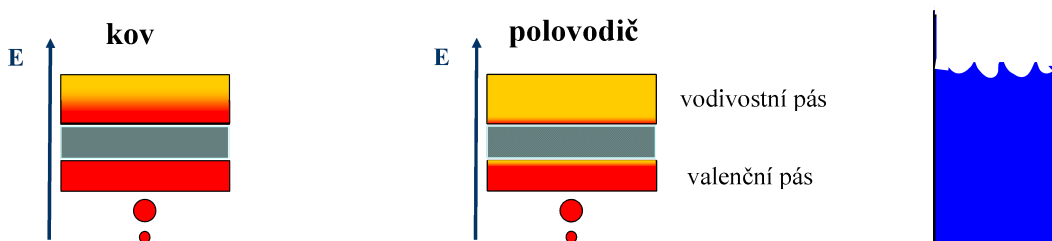
Analogie: podávání židli v kruhu.

Obsazení energetických pásů rozhoduje o tom, jestli daná látka bude kov, polovodič a nebo izolant



Jak je možné, že polovodič vůbec vede proud (Kateřina Balíková)?

Rozhraní mezi obsazenými a neobsazenými stavy není ostré, ale je rozmazané tepelným pohybem (Ostré by bylo je za teploty absolutní nuly). *Analogie: teplota jakoby třepala nádobou s vodou.*



Tepelným pohybem v polovodiči získají některé elektrony z valenčního pásu dost energie na přeskocení zakázaného pásu a dostanou se do pásu vodivostního. Tomuto procesu říkáme **generace** (excitace). Spontánně po jisté době padají elektrony zpět dolů, tzv. **rekombinace**.

V polovodiči je tedy částečně zaplněný jak vodivostní, tak i valenční pás. Oba proto vedou elektrický proud. Ve valenčním pásu je však většina stavů obsazených a jen málo neobsazených. Výhodnější je všimnout si malého počtu prázdných stavů, kterým říkáme „díry“.

Vodivostní pás tedy zprostředkovává tzv. elektronovou vodivost a valenční pás děrovou vodivost.

U kovů je elektronů ve vodivostním pásu velmi mnoho. Například v mědi každý atom poskytne jeden vodivostní elektron (ze stavu $4s^1$). Zatímco u polovodičů přeskočí zakázaný pás jen velmi málo elektronů. Například u křemíku je šířka zakázaného pásu 40x větší, než je střední energie elektronů při pokojové teplotě. Je tedy jen velmi málo pravděpodobné, že se elektronu podaří přeskočit z valenčního do vodivostního pásu. V důsledku toho jen přibližně jeden atom křemíku z deseti miliard poskytne elektron do vodivostního pásu a díru do pásu valenčního.

Z výše uvedeného již velmi jednoduše vyplývá odlišná teplotní závislost vodivosti pro kovy a polovodiče.

- V kovech je velký počet vodivostních elektronů. Se zvyšováním teploty rostou tepelné kmity mříže, které brání pohybu elektronů – tedy odpor s teplotou roste.
- V polovodičích s teplotou roste generace nositelů náboje (*více se třepe lahvi s vodou*) a to snižuje jejich odpor. Současně, stejně jako u kovů, kmity mříže pohyb elektronů (a děr) brzdí, ale tento efekt je méně významný.

Možnosti změny obsazení stavů v polovodiči

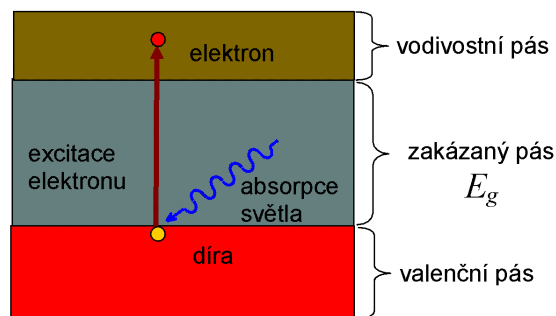
Pro vlastnosti polovodičů a jejich praktické využití je podstatné obsazení stavů elektrony. Obsazení lze změnit následujícími způsoby:

1) Změnou teploty.

Zvýšení teploty zvyšuje generaci – zmenšuje elektrický odpor (viz dříve). Tohoto jevu se využívá pro měření teploty – tzv. **termistory**. (Pokus)

2) Osvětlením

Energii nutnou k přeskocení zakázaného pásu dodá dopadající elektromagnetické záření.



Tento jev se využívá pro detekci světla v součástkách zvaných **fotoodpory**. (Pokus)

3) Dotací

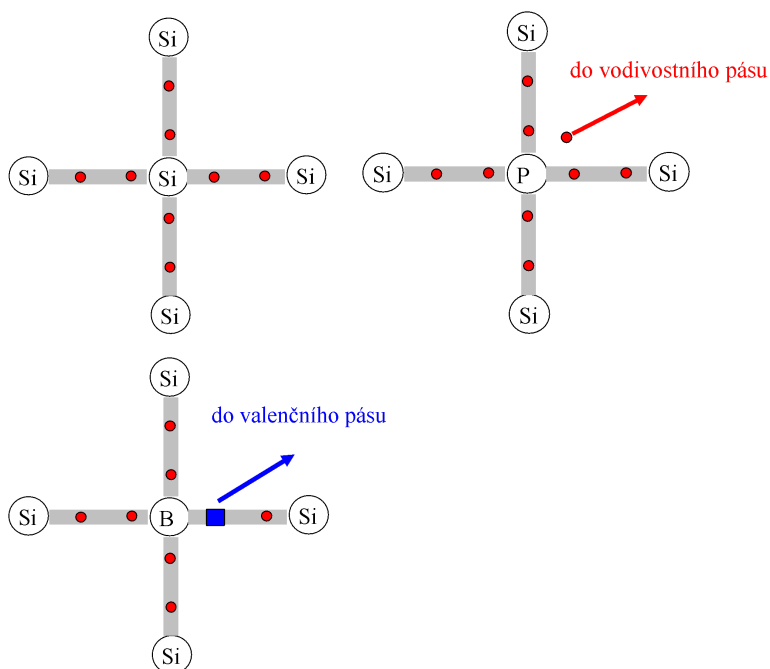
Vyšší koncentraci elektronů ve vodivostním pásu a děr ve valenčním pásu dosáhneme tak, že tam elektrony a díry prostě dodáme.

Jak?

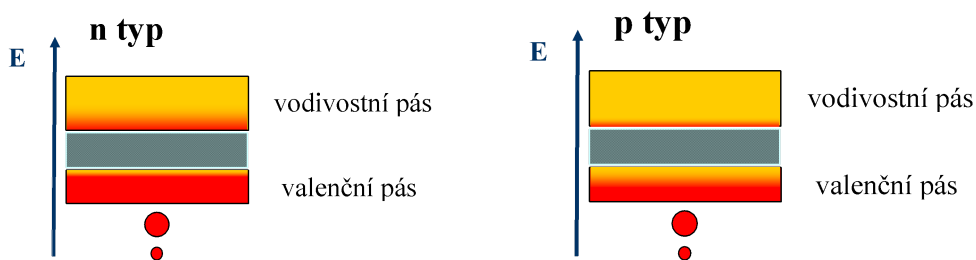
Dotováním vhodnými atomy- příměsemi.

Křemík je čtyřmocný – tvoří chemickou vazbu se čtyřmi nejbližšími sousedy. Pokud je v uzlovém bodě pětímocný prvek (As, P, Sb), přebytečný elektron může přejít do vodivostního pásu a zvýšit vodivost materiálu. Tomuto říkáme **vodivost typu n** a příměsové atomy nazýváme **donory**.

Naopak trojmocné prvky (B, Al, In) pro vytvoření čtyř vazeb zachytí elektron z valenčního pásu, a tak dodá do valenčního pásu jednu díru. Opět dochází ke zvýšení vodivosti, tentokrát tzv. **typu p** a příměsové atomy nazýváme **akceptory**.



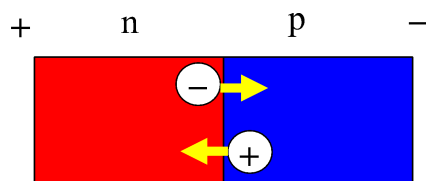
V polovodiči typu n jsou tedy hlavními nositeli proudu elektrony. Říkáme **majoritní** (většinou) nositelé. Díry jsou zde **minoritní** (menšinou). V polovodiči typu p je to naopak.



Přechod p-n

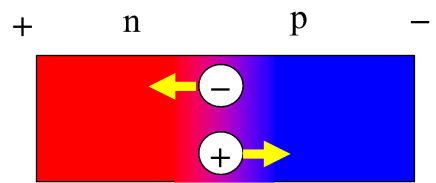
Skutečné možnosti polovodičů jsou však spojeny až s využitím rozhraní dvou typů vodivosti – p-n přechodu.

Při spojení polovodičů opačné vodivosti začnou přecházet elektrony z n do p a díry naopak. Polovodič typu n se tak nabíjí kladně a polovodič typu p záporně.



Tento proces dospěje do rovnováhy, tedy přemísťování náboje ustane. Vznikající elektrické pole je totiž namířeno proti směru přesunu obou nábojů.

Na rozhraní polovodičů vniká elektrické pole, které odsává nositele náboje. Této oblasti říkáme tzv. ochuzená vrstva.



Využití p-n přechodu

Usměrnění

