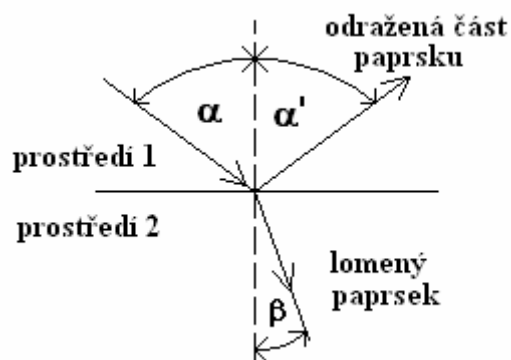


# Otázka č. 14

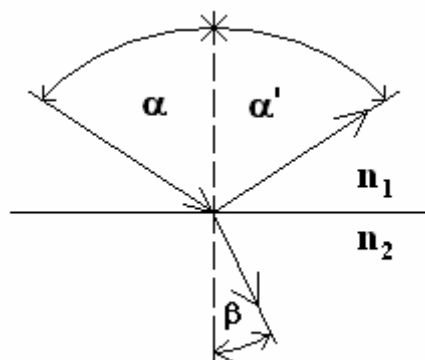
## Světlovodné přenosové cesty

### Princip šíření světla v optickém vlákně

Fresnelův odraz:



Odraz a lom světla:



$\beta < \alpha$  – lom ke kolmici  $n_2 < n_1$

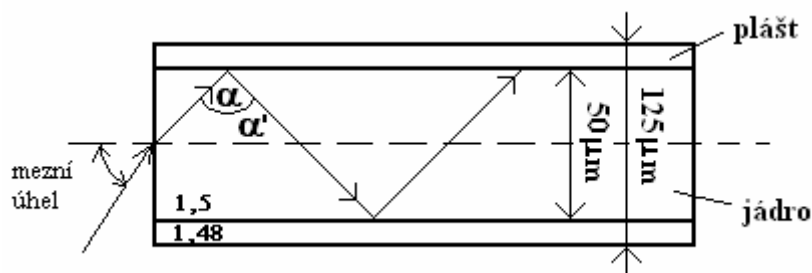
$\beta > \alpha$  – lom od kolmice  $n_2 > n_1$

**Zákon lomu**

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

**Definice indexu lomu**

$$n = \frac{c}{v} \quad c\text{-rychlost světla ve vakuu, } v\text{-rychlost světla v daném materiálu}$$



Část dopadajícího světla vstupuje do druhého prostředí kde dochází k jeho lomu ,při čemž část světla se rovněž vrací do původního prostředí odrazem (**Fresnelův odraz**). Úhel dopadu při němž je úhel lomu roven  $90^\circ$  se nazývá mezní úhel, je-li úhel dopadu větší než mezní úhel paprsek se vrací do původního prostředí a vzniká tzv.úplný odraz.

## Přenosové ztráty

### V prostředí:

**Vlastní absorbce:** Absorbce světla na vlastních molekulách optického materiálu, např.  $\text{SiO}_2$ .Křemenný materiál vykazuje absorpční maxima jak v ultrafialové-UV (cca40-400nm),tak i v infračervené-IR (cca 2000nm) oblasti.Mezi těmito dvěma absorpčními pásy se nachází část spektra (700-1600nm), kde je absorbce velice malá. Proto jsou optická vlákna provozována v okolí tří vlnových délek: 850, 1310, 1550. (Existují vlákna se souvislou oblastí 1300-1600,tzv. all wave vlákna )

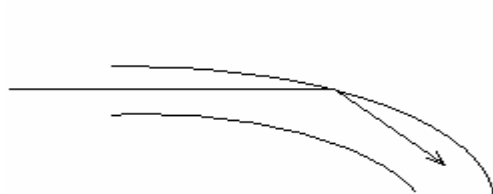
**Nevlastní absorbce:** Absorbce světla na nečistotách (molekuly kovů jako je Fe,Cu, které mohou vniknout do materiálu vlákna v důsledku špatně provedené vnější ochrany).

**Lineární rozptyl:** Tyto ztráty jsou způsobeny tím, že materiál jádra a pláště optického vlákna po výrobě není ideálně homogenní. Nejčastější je tzv. **Rayleighův rozptyl**, který se nedá v dnešní době odstranit vhodnou technologií výroby vláken (paprsky se po dopadu na nehomogenitu tříští do všech stran, a tím je část výkonu ztracena).

**Nelineární rozptyl:** U části optického záření dochází ke změně jeho vlnové délky.Toto záření je ztracené a projevuje se jako přídavný útlum.

**Ztráty mikroohyby:** Poloměry ohybu vlákna jsou milimetry a menší.Dají se eliminovat při výrobě vlákna.Mohou způsobit značné zvýšení útlumu.

**Ztráty makroohyby:** Poloměry ohybu vlákna jsou řádově desítky milimetrů.Projeví se při překročení maximálního ohybu vlákna , to jest při špatné instalaci vlákna.Maximální ohyb vlákna je uveden v katalogu.

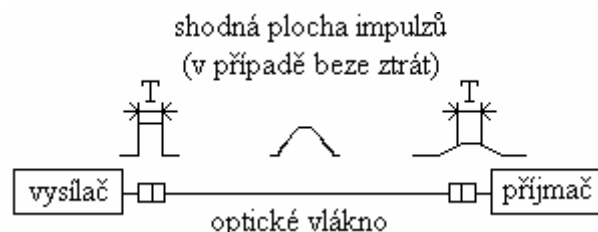


Je-li vlákno ohýbáno, paprsek dopadá na rozhraní a dochází k úplnému odrazu.



Je-li ohyb příliš velký, je úhel dopadu menší než mezní úhel a paprsek se lomí ven z jádra.

**Disperze vlákna:** Je důsledkem lomu světla.Při vysílání se tvar impulsu mění a zároveň se postupně rozšiřuje a zmenšuje jeho špičková velikost výkonu viz obr..

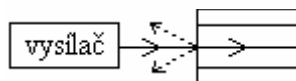


Vlivem **disperze** dochází při vysokých přenosových rychlostech k prolínání jednotlivých pulzů na výstupu vlákna, což má za následek neschopnost přijímače rozlišit logickou „1“ nebo „0“ $\Rightarrow$  snížení maximální přenosové rychlosti.

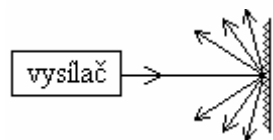
**Vidová disperze**-u mnohovidových vláken.Je způsobena tím, že každý paprsek ve vlákne dorazí díky rozdílnosti délek svých drah na konec vlákna v rozdílných časových okamžicích.

## Na rozhraní:

**Fresnelův odraz:** Pro částečný odraz, k němuž dochází při lomu světla, se užívá termín Fresnelův odraz. Proto se při vysílání světelného signálu část výkonu odrazí zpět.

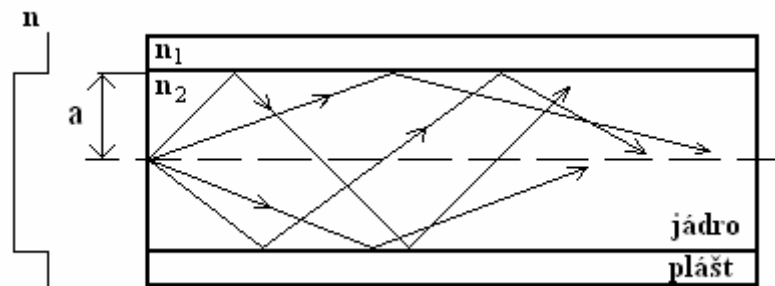


**Difúzní odraz:** Není-li plocha optického vlákna (čočky, hranolu) rovná, dochází k difúznímu odrazu. Každý paprsek je odražen jako mnoho paprsků do různých směrů  $\Rightarrow$  odrazová plocha musí být rovná.

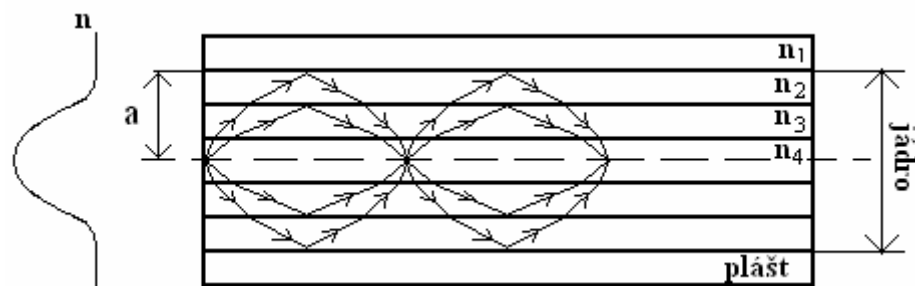


## Rozdělení a charakteristika optických vláken

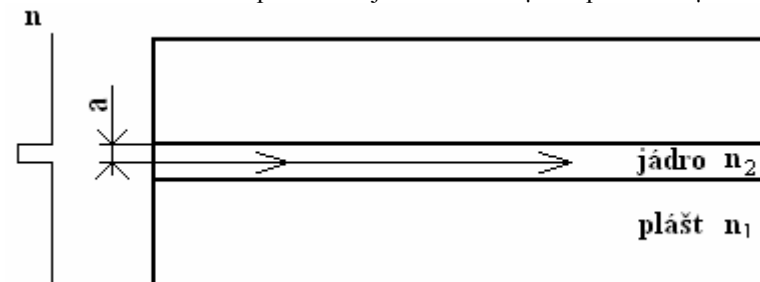
**Mnohovoidová vlákna se skokovou změnou indexu lomu** s průměrem jádra  $a=100-400\mu\text{m}$



**Mnohovoidová vlákna s plynulou změnou indexu lomu (gradientní)** s průměrem jádra  $a=50\mu\text{m}$  a pláště  $125\mu\text{m}$ , případně s průměrem jádra  $60,5\mu\text{m}$  a pláště  $125\mu\text{m}$ .



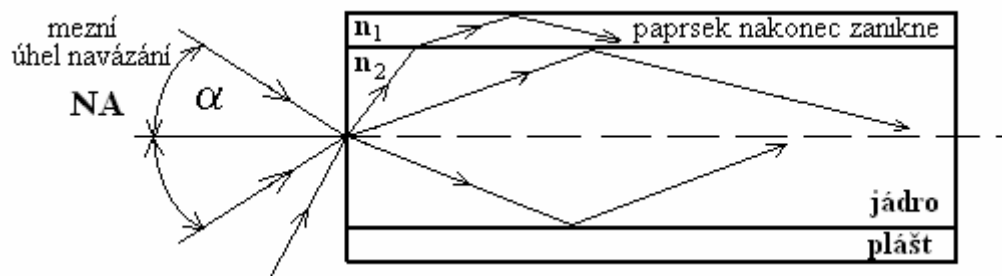
**Jednovoidová vlákna** s průměrem jádra  $a=5$  a  $10\mu\text{m}$  a pláště  $125\mu\text{m}$ .



V obrázcích jsou vyznačeny typické dráhy šíření paprsků v jednotlivých typech vláken.

Pojem vid lze pro tento případ ztotožnit z pojmem paprsek  $\Rightarrow$  mnohovidová vlákna-přenos více paprsků, jednovidová vlákna-přenos 1 paprsku.

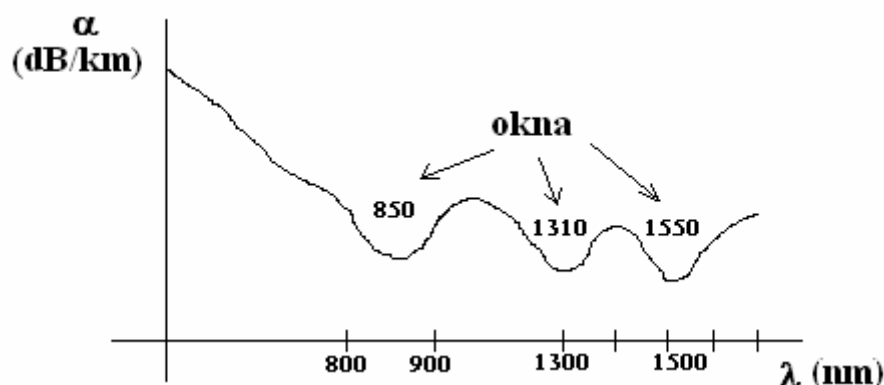
**Numerická (číselná) apertura:** Je schopnost vlákna pojmout určité množství světla. Číselná apertura je sinus maximálního úhlu, z něhož přicházející paprsky se budou uvnitř vlákna ještě šířit. K šíření paprsku, u něhož je tento úhel překročen, nedojde.



$$NA = \sin \alpha = \sqrt{n_2^2 - n_1^2}$$

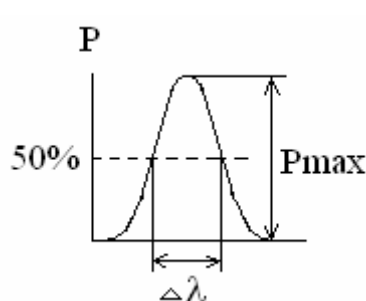
$n_2$  = index lomu materiálu jádra,  $n_1$  = index lomu materiálu pláště,  $\alpha$  = mezní úhel navázání

### Absorbční charakteristika vlákna



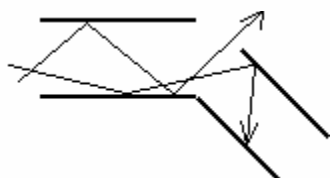
Aby se dosáhlo co nejdelších přenosových drah, zkoumají se tzv. absorbční charakteristiky vláken, kde minimální útlum při určitých vlnových délkách se nazývají okna. Na tyto délky se nastavují zdroje světla.)

### Spektrální charakteristika zdroje:

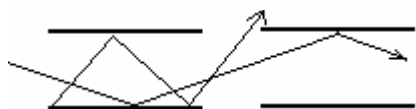


$\Delta \lambda \rightarrow 30 \text{ nm}$  (LED),  $\Delta \lambda \rightarrow 1 \text{ nm}$  (ILD-laserová)

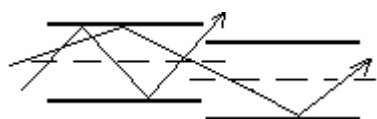
**Vazební (konstrukční) ztráty:** Při montáži vznikají ztráty v důsledku svařování vláken, montáží konektorů a jiných optických prvků. Jedná se o ztráty numerickou aperturou, oddálení konců vláken, nepřiměřeným ohybem a osovou a úhlovou odchylkou.



**Úhlová odchylka os-** Budou-li vlákna úhlově vyosena, část světla nebude druhým vláknem procházet. Menší vliv pro vlákna s velkou NA-numerickou aperturou.



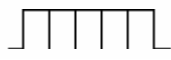
**Oddálení konců vláken:** Jsou-li dva konce vzdáleny vznikají ztráty viz obr..



**Odchylka os:** Je může být nepatrná zvláště u jednovlákenných vláken. Vychýlením os vláken dochází k ztrátám některých paprsků.

**Pulsní rozptylová konstanta  $\Delta t$ :** Rozdíl mezi přenosem impulsu po nejdelší a nekratší dráze udává rozptylová konstanta  $\Delta t$  (ns/km)

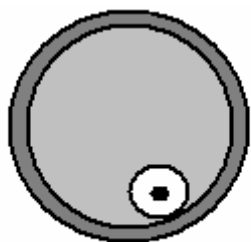
$$v = \frac{1}{2\Delta t l} \text{ pro signál NRZ}$$



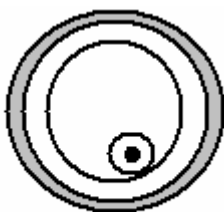
$$v = \frac{1}{\Delta t l} \text{ pro signál RZ}$$



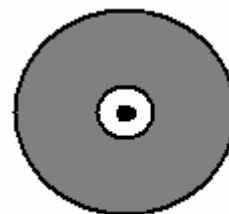
## Konstrukce optických kabelů



plněná sekundární ochrana

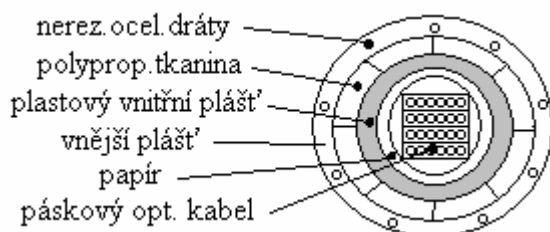
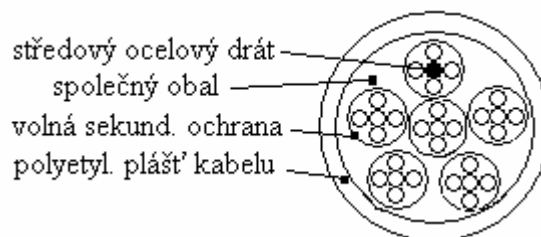
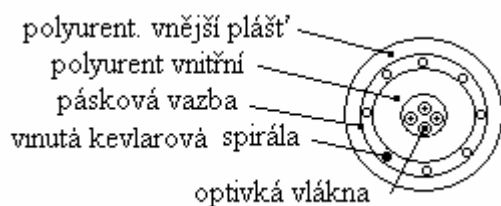


volná sekundární ochrana



těsná sekundární ochrana

Příklady kabelů s optickými vlákny:

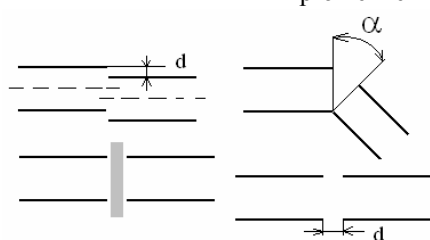


řez částí páskového kabelu

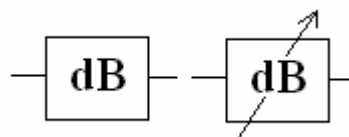
Je vhodná ochrana vlákna obalem nebo povlakem, neboť tím je chráněno proti poškození a vlhkosti. Ochrana je velmi náročná na výrobu (tlaky při výrobě mohou být příčinou mikroohybů).

## Základní a doplňkové prvky

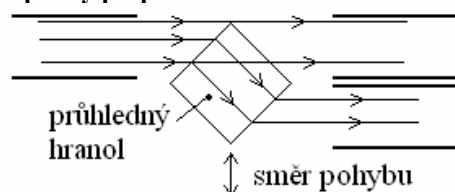
**Atennátory – zeslabovače:** pevné  
proměnné



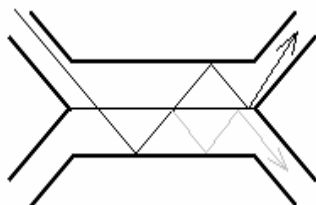
Tento prvek definovaným způsobem tlumí signál v optickém vlákne mezi vstupem a výstupem, jsou konstruovány na principu podélného, příčného, nebo úhlového vzdálení protilehlých čel vláken. Dále pak na principu speciálního tzv. šedého filtru.



**Optický přepínač:**



**Směrová odbočka:**



Svařením dvou vláken a tažením za tepla se dosáhne zúžení v místě svaru, kde dochází k vazbě část energie (případně veškerá energie), která se šíří aktivním (buzeným vláknem) snadno proniká pláštěm do druhého tzv. navázaného vlákna. Velikost odbočeného výkonu se dosahuje až 5 % přesností.

**Zdroje a detektory ot. 20**