

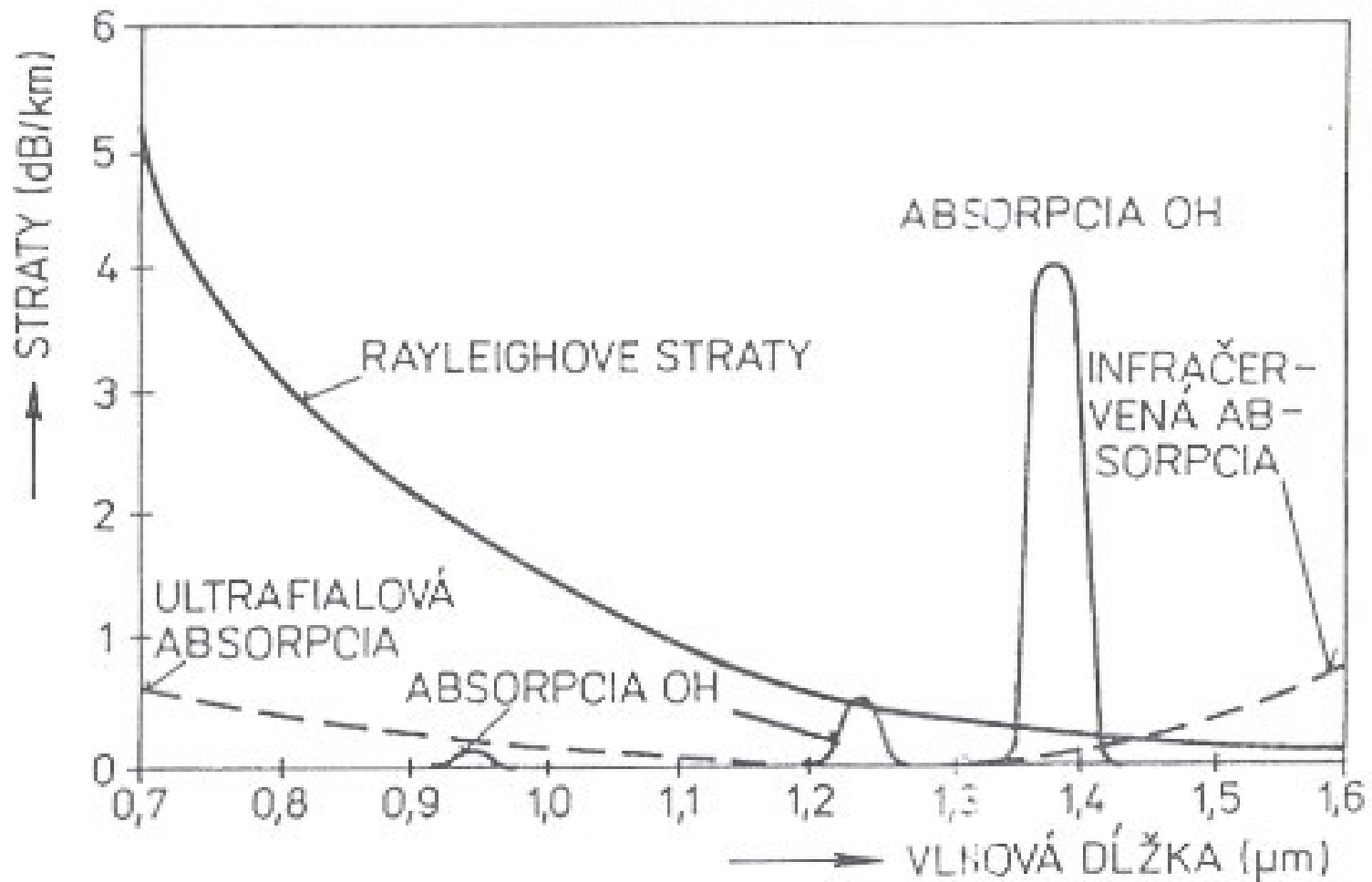
# Cvičenia 03/12

**doc. Ing. Rastislav RÓKA, PhD.**

**Katedra telekomunikácií**

**FEI STU Bratislava**

# TLMENIE



# Rozptyl

Pod ***rozptylom optického žiarenia*** v optickom vlákne sa rozumie odchýlenie od zamýšľaného smeru žiarenia do odlišných smerov.

Existuje niekoľko druhov rozptylu optického žiarenia v celom optickom spektre, jeden však nemožno odstrániť - ***Rayleighov rozptyl***.

Zapríčiňujú ho náhodné malé zmeny hustoty materiálu v jadre vlákna na vzdialenosti okolo jednej desatiny vlnovej dĺžky žiarenia prenášaného vláknom.

# Rozptyl

1.vlastnosť - žiarenie sa rozptyľuje na všetky smery rovnako.

2.vlastnosť - straty spôsobené týmto rozptylom sú nepriamo úmerné vlnovej dĺžke žiarenia podľa vzťahu

$$\alpha_s = \frac{R}{\lambda^4}$$

kde  $\alpha_s$  je koeficient strát rozptylom,  $R$  je Rayleighov koeficient a  $\lambda$  je vlnová dĺžka prenášaného žiarenia.

V každom prípade Rayleighov rozptyl predstavuje bariéru tlmenia, ktorú nemožno prekonať. Udáva teda minimálne možné tlmenie vlákna.

# Absorpcia

Pomocou mechanizmu **absorpcie** sa optické žiarenie zmení na tepelnú energiu, ktorá zahrieva vlákno.

Pod vlnovou dĺžkou 1300 nm sa objavuje tzv. **ultrafialová absorpcia** (jej príspevok k celkovým stratám vlákna je však zanedbateľný).

Pri vlnovej dĺžke vyše 1300 nm sa začína uplatňovať **infračervená absorpcia**, ktorá je zvlášť významná pri vlnovej dĺžke nad 1600 nm. Zabraňuje prenosu žiarenia s väčšími vlnovými dĺžkami vláknom.

# Absorpcia

V súčasnej modernej výrobe optických vlákien v prakticky sterilnom prostredí zostávajú jediným znečisťovateľom **hydroxylové ióny ( $OH$ )**, ktoré kmitajú a tým spotrebúvajú energiu žiarenia a spôsobujú straty.

Hoci vlnová dĺžka 2730 nm je už nad pásmom prenosu, vyššie harmonické kmitania 950, 1240 a 1380 nm zasahujú aj do prenosového pásma vlnových dĺžok 700 až 1600 nm a pri vlnových dĺžkach spôsobujú nárast tlmenia vlákna už pri nízkych koncentráciách hydroxylových iónov.

# Ohyb

**Mikroohyb** je zapríčinený náhodnými mikroskopickými odchýlkami od priamej menovitej polohy vlákna. Na rozdiel od MM vlákien, straty v SM vláknach závisia od vlnovej dĺžky žiarenia - straty sa zvyšujú s narastajúcou vlnovou dĺžkou.

**Makroohyb** je zakrivenie vlákna viditeľné voľným okom. V SM vlákne je vplyvom makroohybu základný mód čiastočne vyžiarený do plášťa. Pretože priemer módového poľa sa zväčšuje s vlnovou dĺžkou žiarenia, budú aj straty makroohybom prudko narastať s narastajúcou vlnovou dĺžkou optického žiarenia.

# Koeficient tlmenie vlákna

**Celkový koeficient tlmenia**  $\alpha$  sa vypočíta zo súčtu jednotlivých prispievateľov

$$\alpha = \alpha_s + \alpha_a + \alpha_b$$



# Optický výkon

Ak sa do vlákna na jeho začiatku naviaže nejaký **optický výkon**, potom pozdĺž vlákna klesá exponenciálne a vo vzdialenosti bude

$$P_L = P_0 \cdot 10^{-\frac{\alpha \cdot L}{10}}$$

kde  $P_L$  je výkon vo vlákne vo vzdialenosti  $L$  [W],  $P_0$  je výkon na začiatku vlákna [W],  $\alpha$  je koeficient tlmenia vlákna [dB/km] a  $L$  je dĺžka vlákna [km].

Z rovnice môžeme vypočítať tlmenie vlákna vo vzdialenosti  $L$

$$\alpha \cdot L = 10 \cdot \log \frac{P_0}{P_L}$$

# DISPERZIA

**Disperzia vlákna** je limitujúcim faktorom prenosovej rýchlosti. Čím je disperzia väčšia, tým menšia prenosová rýchlosť sa môže na prenos použiť. Na celkovú disperziu vlákna prispievajú dva druhy fyzikálne odlišiteľných disperzií:

- **módová** (intermódová, mnohomódová),
- **chromatická** (intramódová, spektrálna).

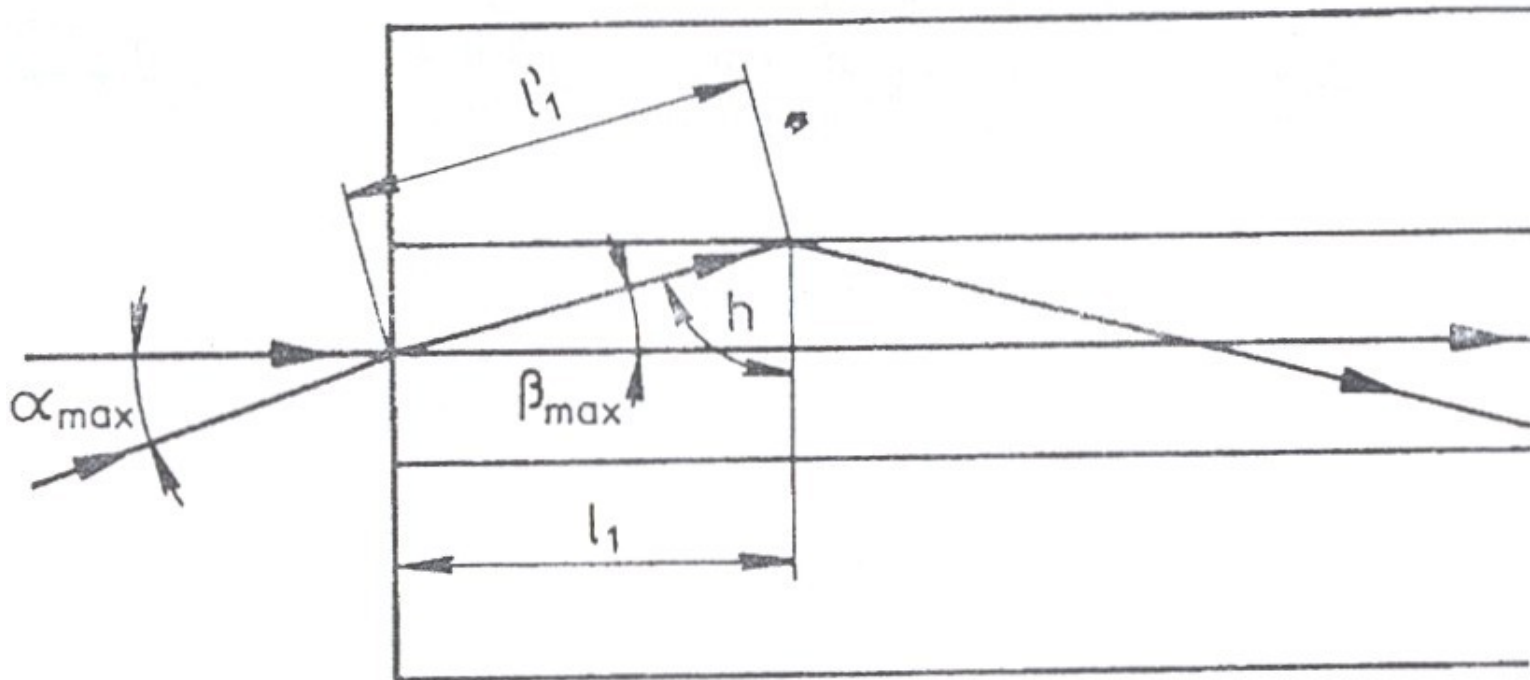
Chromatická disperzia sa ďalej rozdeľuje na materiálovú disperziu, vlnovodovú disperziu a profilovú disperziu.

# Módová disperzia

***Módová disperzia*** spôsobuje rozšírenie impulzu optického žiarenia vplyvom rozličných dráh módov v mnohomódovom vlákne. Pri teoretickom rozboře sa pritom predpokladá ideálny zdroj žiarenia, ktorý vysiela monochromatické žiarenie (jedna  $\lambda$ ).

Mnohomódové vlákna sú charakterizované módovou disperziou najčastejšie v jednotkách [ns/km]. V prípade jednomódových vlákien je módová disperzia nulová.

# Módová disperzia



$$D_M = \frac{\Delta t_M}{L} \quad [ns / km]$$

# Módová disperzia

**Módová disperzia**  $D_M$  nastáva vplyvom rôzne dlhých dráh módov šíriacich sa vo vlákne. Najväčší rozdiel dráh - medzi módom pod kritickým uhlom  $h$  a osovým módom.

Rozšírenie impulzu  $\Delta t_M$  - rozdiel maximálneho a minimálneho času šírenia sa módu

$$\Delta t_M = t_{\max} - t_{\min}$$

a po nevyhnutných úpravách

$$\Delta t_M = L^m \cdot \frac{NA^2}{2 \cdot n_1 \cdot c}$$

$$L[\text{km}], c[\text{km/s}]$$





