

The image shows a laboratory setup for an optical experiment. On the left, a light source is mounted on a stand, emitting a beam of light. This beam is directed through a series of fiber optic cables and optical components. The cables are arranged in a loop, with some sections being illuminated from within, showing a rainbow-like spectrum of colors. The background is dark, with some blurred lights and equipment visible, suggesting a laboratory environment. The text is overlaid in a bright green color at the bottom of the image.

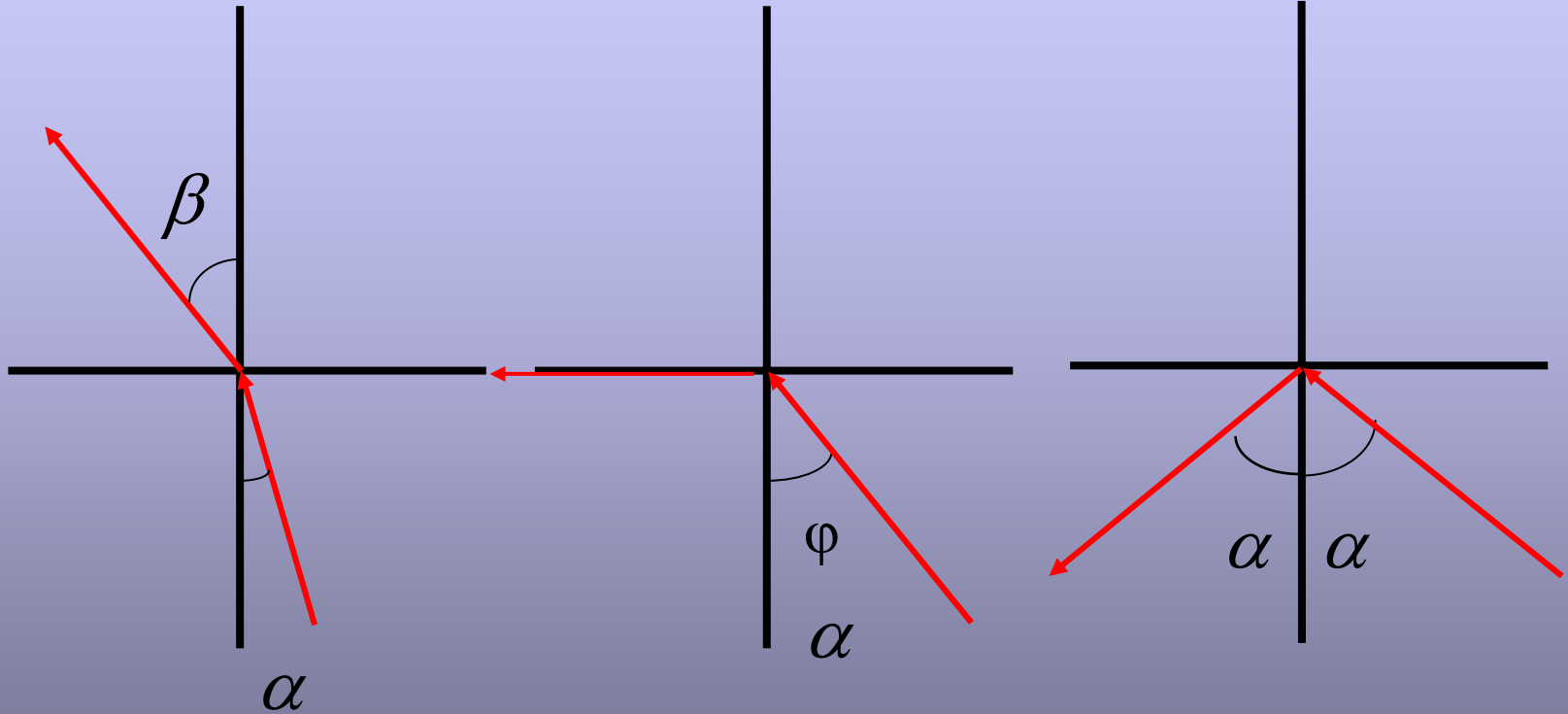
**Šviesolaidžiai bei netiesiniai
reiškiniai juose**

Turinys

- Šviesolaidžių sandara ir veikimas
- Spinduliuotės iškraipymai ir nuostoliai
- Netiesiniai reiškiniai ir plataus spektro impulsų formavimas
- Fotoninių kristalų skaidulos

Visiškas vidaus atspindys

n_2



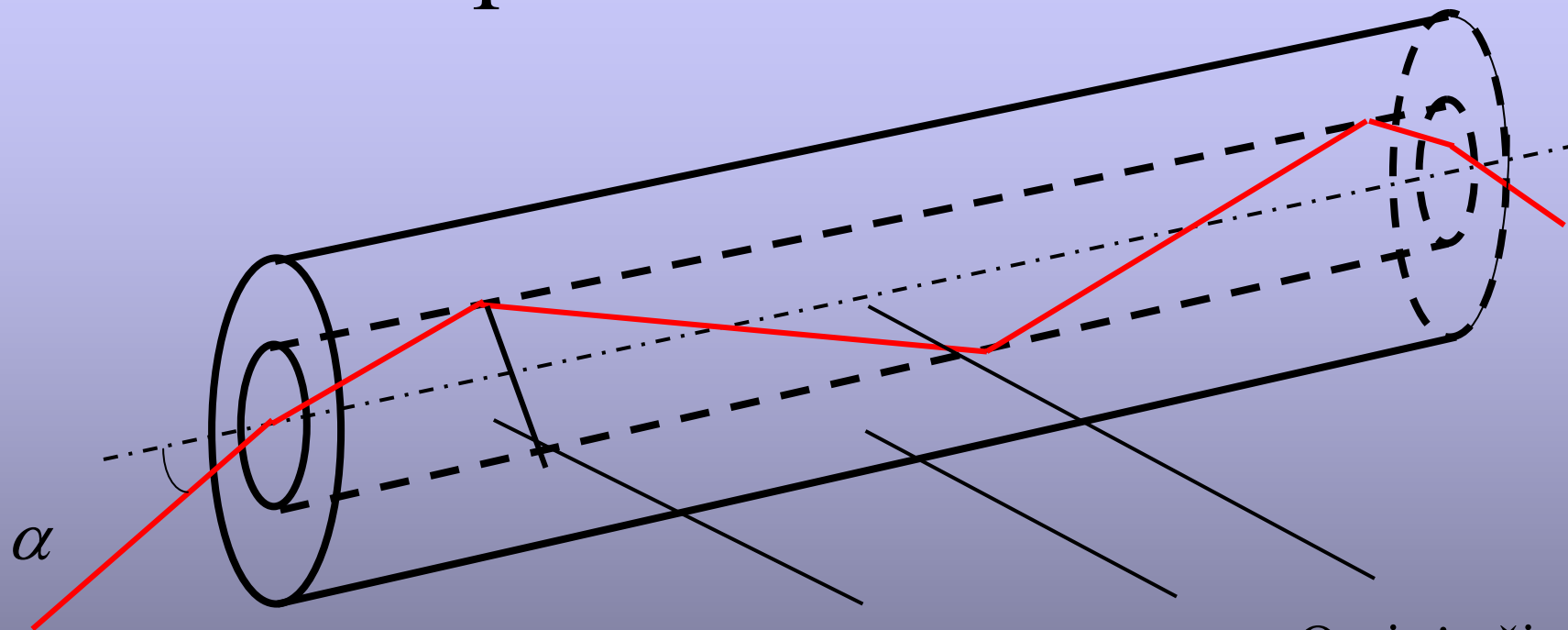
n_1

$\varphi < \alpha$

$$n_1 > n_2$$

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

Optinēs skaidulos



Šerdis

Apvalkalas

Optinė ašis

n_1

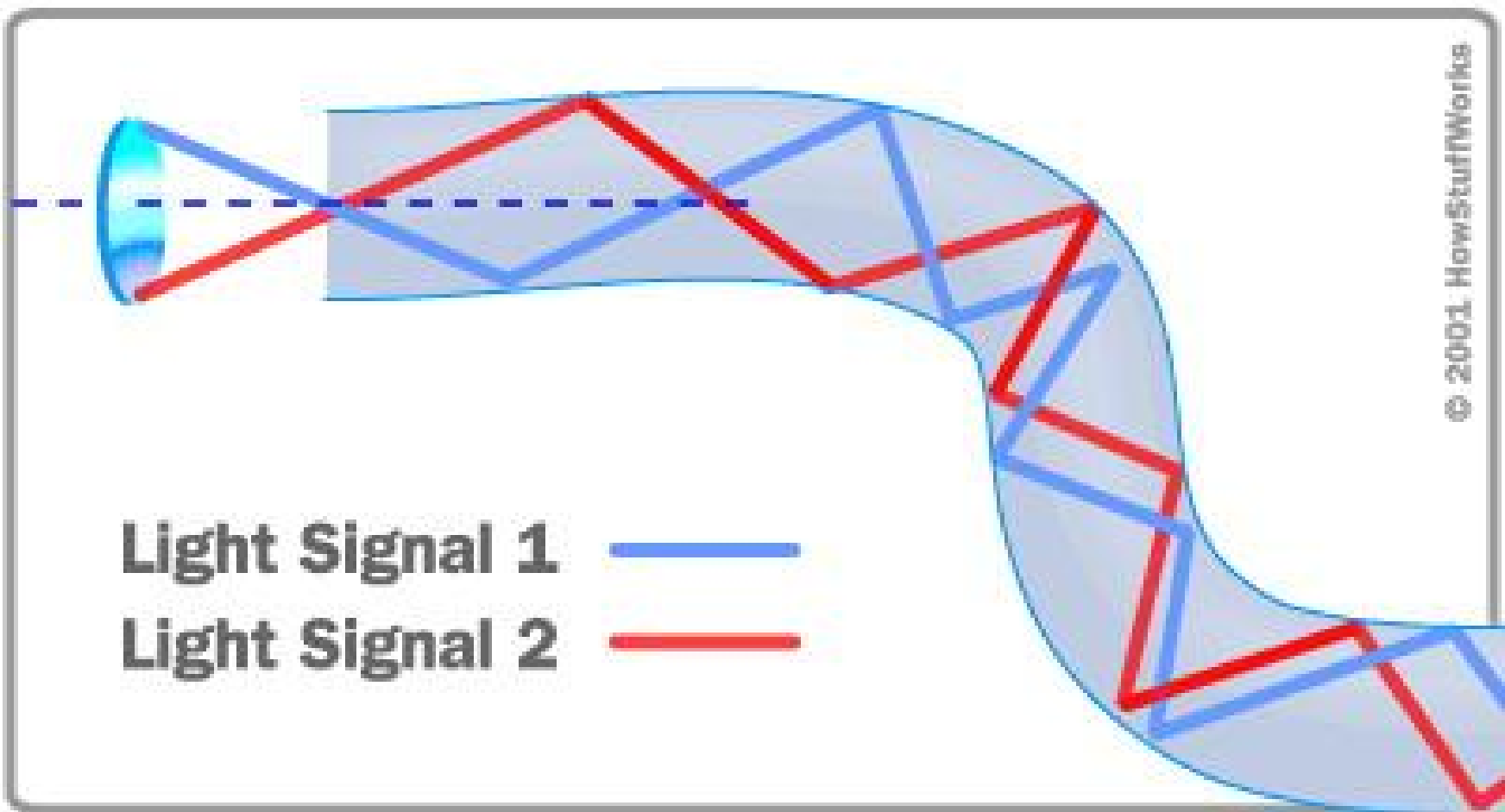
n_2

9-10 μm

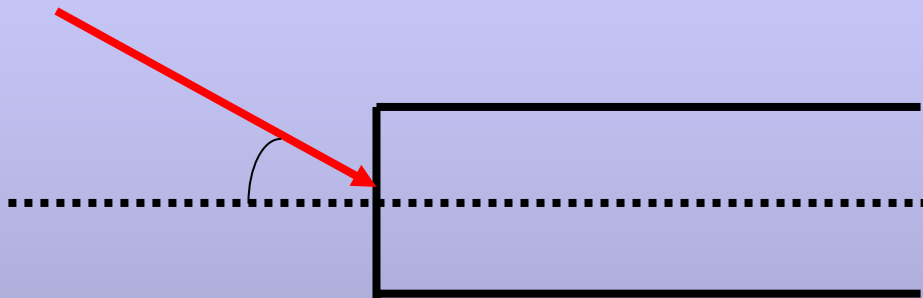
125-140 μm

$n_1 > n_2$

250 - 900 μm



Skaidulinių šviesolaidžių optiniai parametrai



Skaitinė apertūra

$$NA = (n_1^2 - n_2^2)^{0,5}.$$

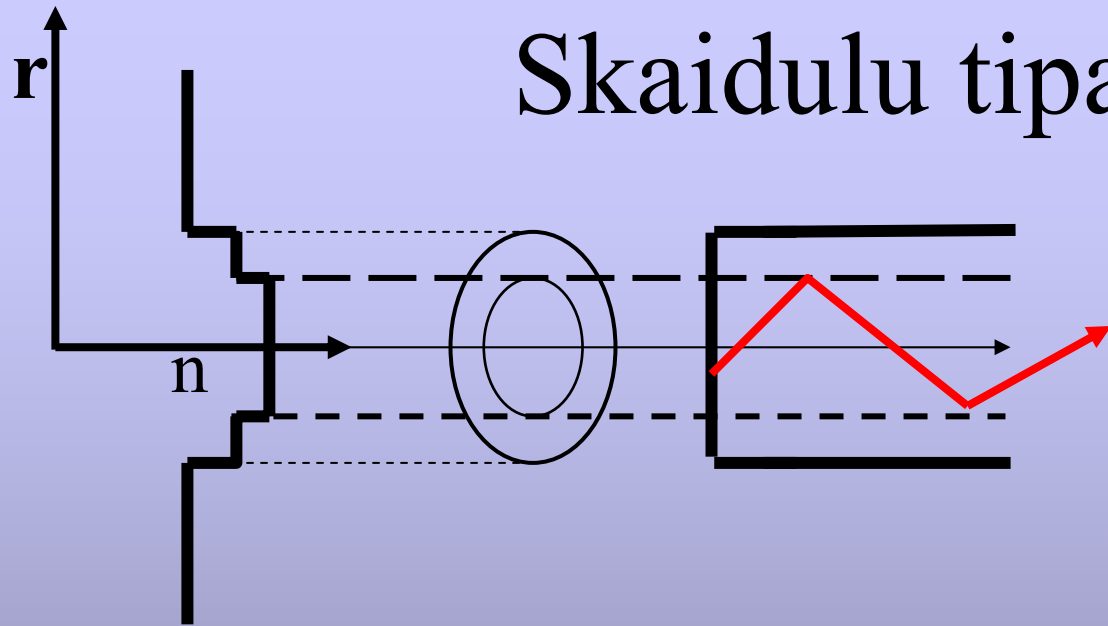
Kuo ji didesnė, tuo didesniu kampu krintanti spinduliuotė pateks į šerdį. NA lemia šviesolaidžių sklindančių modų skaičių, dispersiją, energijos nuostolius.

Normuotasis dažnis

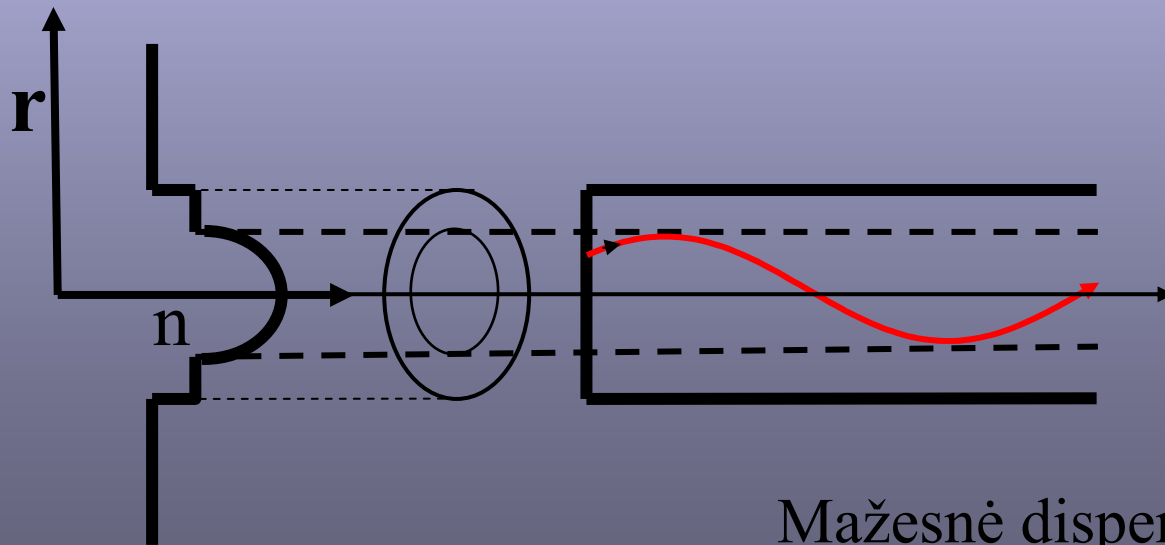
$$V = (2 * \pi * a * NA) / \lambda.$$

Jei skaidulinio šviesolaidžio normuotasis dažnis yra mažesnis už 2,405, tai toks šviesolaidis yra vienmodis. galima rasti modų skaičių

Skaidulu tipai



Laiptelinis

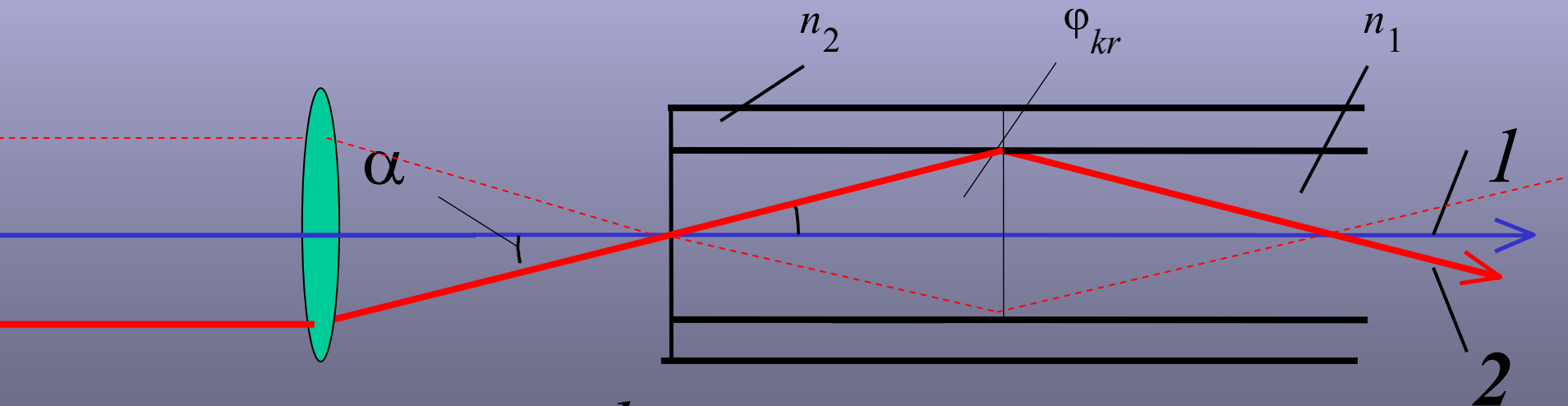
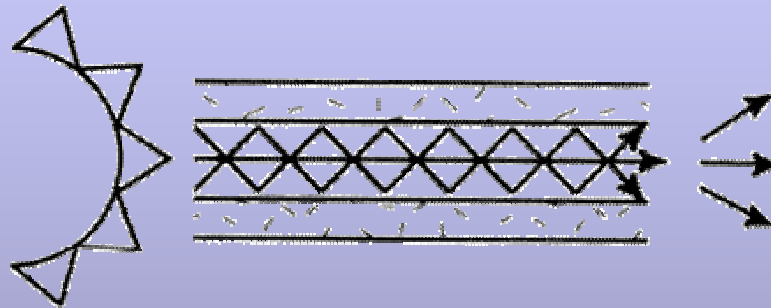


Gradientinis

Mažesnė dispersija

Šviesos impulsų iškraipymas

Modų dispersija



$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{n_1}{n_2} \frac{l}{c} \Delta n;$$

Medžiagos dispersija

Vienmodėse skaidulose

Šaltinis spinduliuoja šviesą tam tikrame bangų ruože $\Delta\lambda$

Egzistuoja lūžio rodiklio priklausomybė nuo bangos ilgio, dėl to skirtingų bangos ilgių šviesa sklinda skirtingu greičiu

Medžegos dispersijos parametras

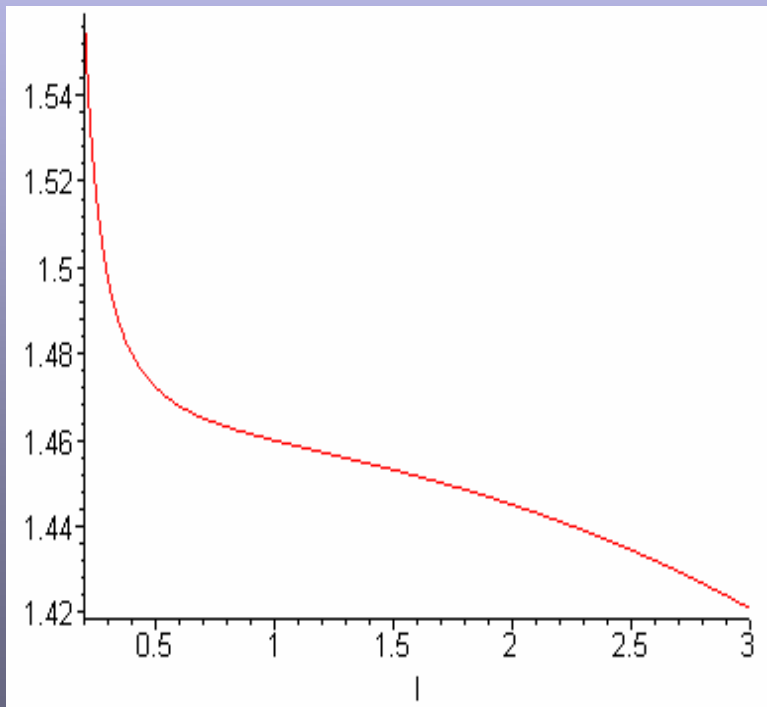
$$D_m = - \frac{\lambda}{c} \frac{d^2 n}{d\lambda^2} \quad \frac{\Delta t}{l} = D\Delta\lambda$$

ps/(km·μm).

Dispersijos
parametro
priklausomybė
nuo bangos ilgio

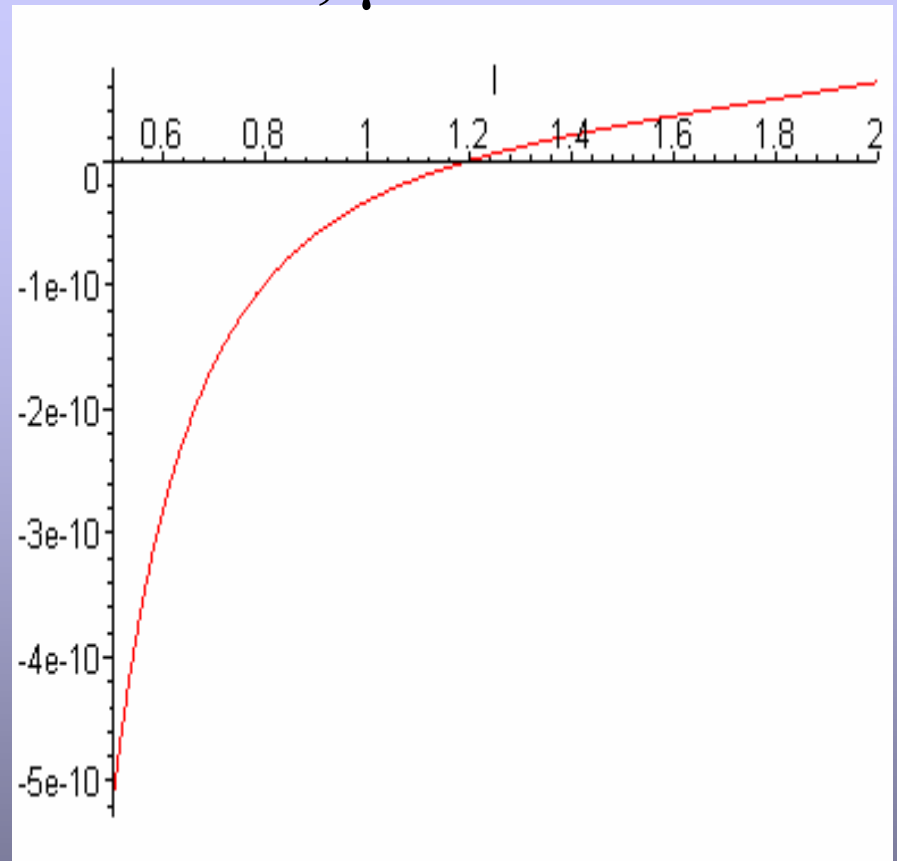
D

n



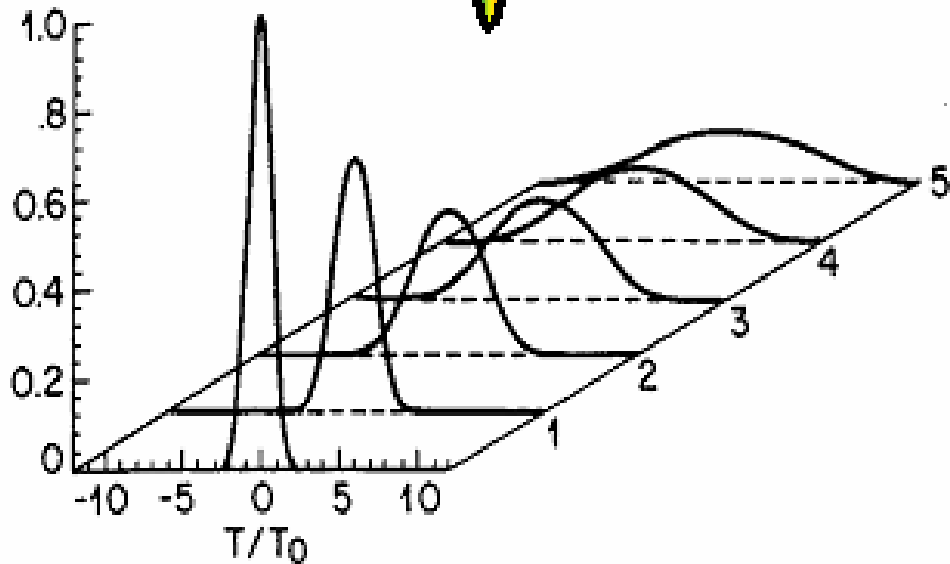
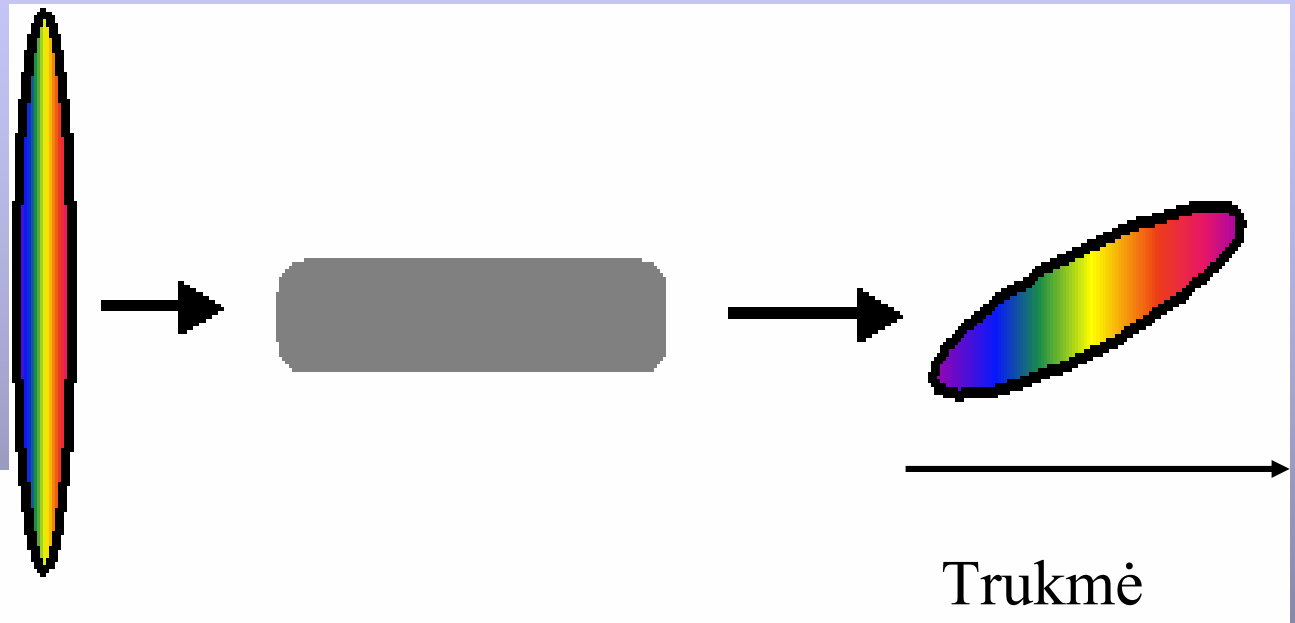
λ , μm

λ , μm



Stiklo lūžio rodiklio
priklausomybė nuo
bangos ilgio

- Normaliosios dispersijos atveju “raudonosios” (impulso dalis kurios bangos ilgis ilgiausias) spektro dalys juda greičiau už “mėlynąsias” ir impulsas ilgėja.



Nuostoliai

- Sugertis
- Sklaida
- Dalis spinduliuotės patenka į apvaskalą

Sugertis vyksta dėl priemaišų ir defektų bei kvantinių šuolių tarp energinių lygmenų šerdies medžiagoje

Sklaidos priežastys: šerdies medžiagos tankio netolygumai, struktūros defektai ir nevienalytiškumas.

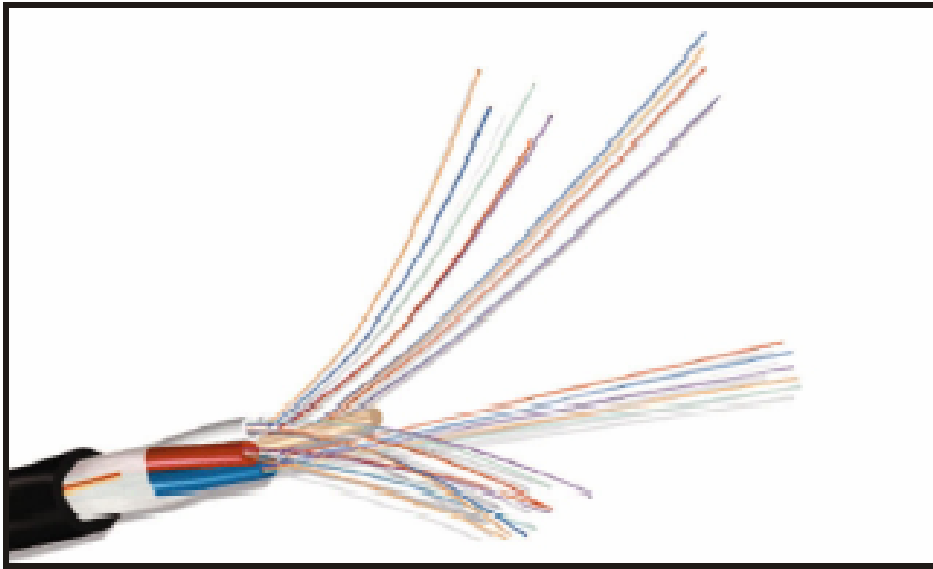
Spinduliavimas vyksta dėl skaidulos lenkimo ir dalis spinduliuotės patenka į apvaskalą

Nuostolių
koeficientas

$$\alpha = \frac{10 \lg(P_1 / P_2)}{L}$$

dB/km

Taikymas



Netiesinis lūžio rodiklis

$$n = \sqrt{1 + \chi^{(1)} + \chi^{(3)} |E|^2}$$

$$P^{(3)} = \epsilon_0 \chi^{(3)} E_1 E_2^* E_3$$

$$n_0 = \sqrt{1 + \chi^{(1)}}$$

$$n = \sqrt{n_0^2 + \chi^{(3)} |E|^2}$$

$$n_2 \approx 10^{-14} \text{ cm}^2 / W$$

$$n \approx n_0 + n_2 I$$

Fazinė savimoduliacija

Intensyvi banga sklindanti netiesinėje medžiagoje. Dėl netiesinio lūžio rodiklio įgauna fazės pokytį.

Momentinis dažnis

$$\phi(z, t) \approx k_0 z n_2 I(t)$$

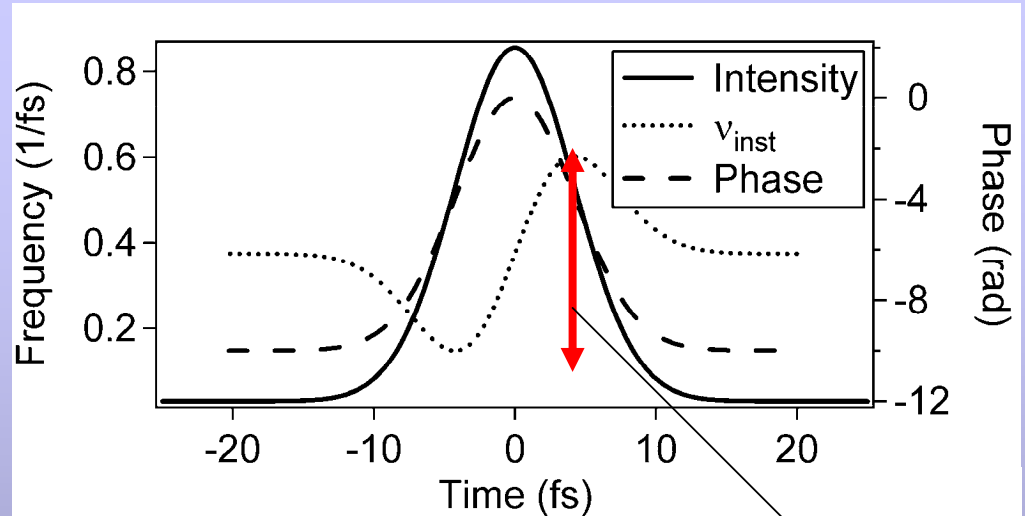
$$\omega = [\omega_0 + \delta\omega(t)]t$$

Impulso spektro plitimas yra fazės pokyčio pasekmė. Skirtumas išreiškiamas kaip fazės pokyčio išvestinė pagal laiką

$$\delta\omega = d\phi / dt = -k_0 z n_2 \frac{\delta I(t)}{\delta t}$$

ω priklausomybė nuo laiko traktuojama kaip impulso dažnio plitimas, kuris yra sukeltas fazinės savimoduliacijos

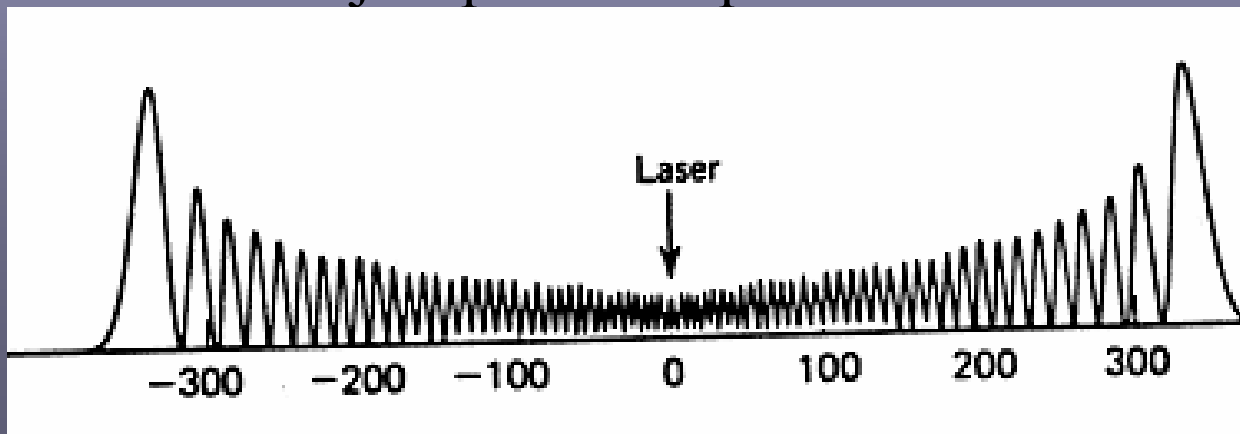
Jai impulso trukmė
yra τ tai spektro plotis
 τ^{-1}



Maksimalus dažnio
pokytis

$$\delta\omega_{\max} = \Delta\phi_{\max} / \tau$$

Išplėstasis spektras nėra vienodo intensyvumo visiems dažniams.
Bendru atveju išplėstasis spektras susideda iš daugelio viršūnių



$\Delta\omega$

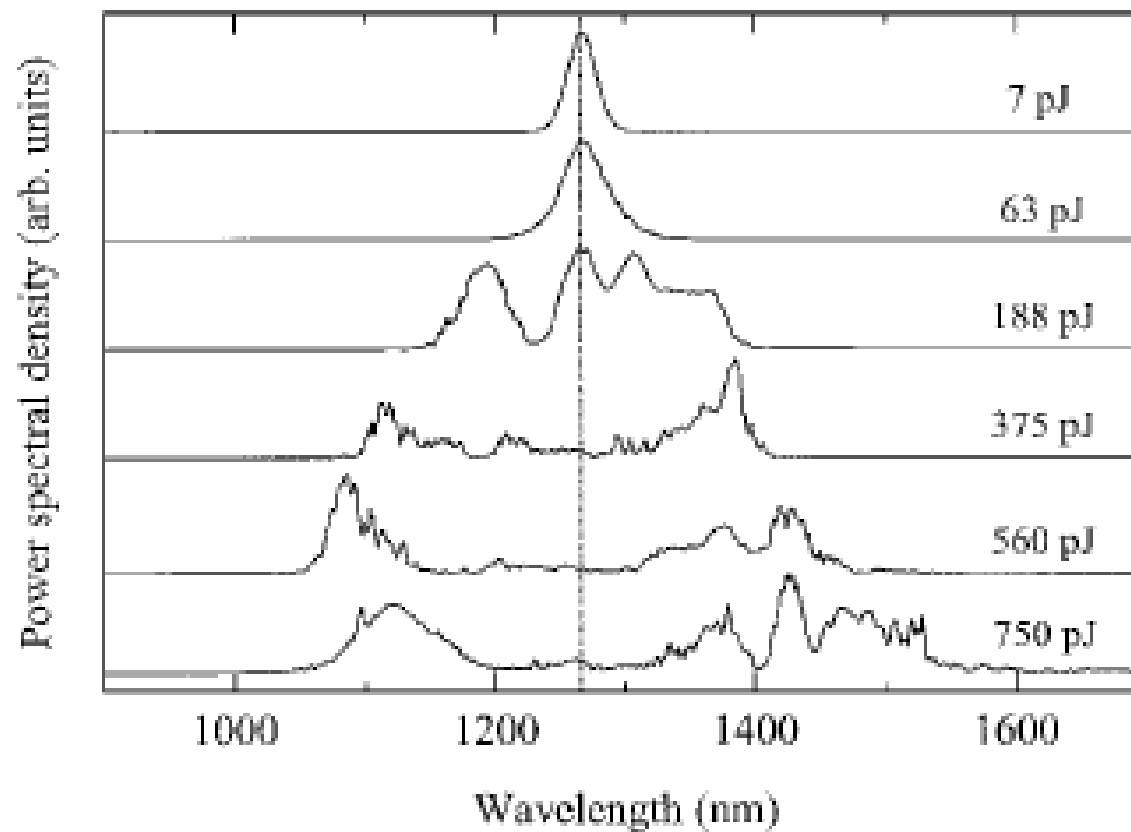


Fig. 3. Experimentally observed evolution of the continuum with pulse energy. The dotted line indicates the center of the input spectrum.

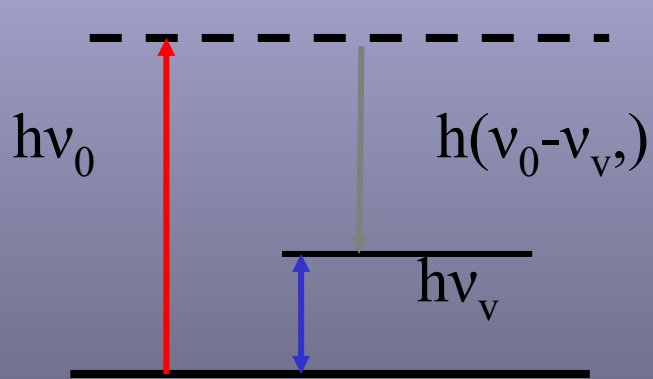
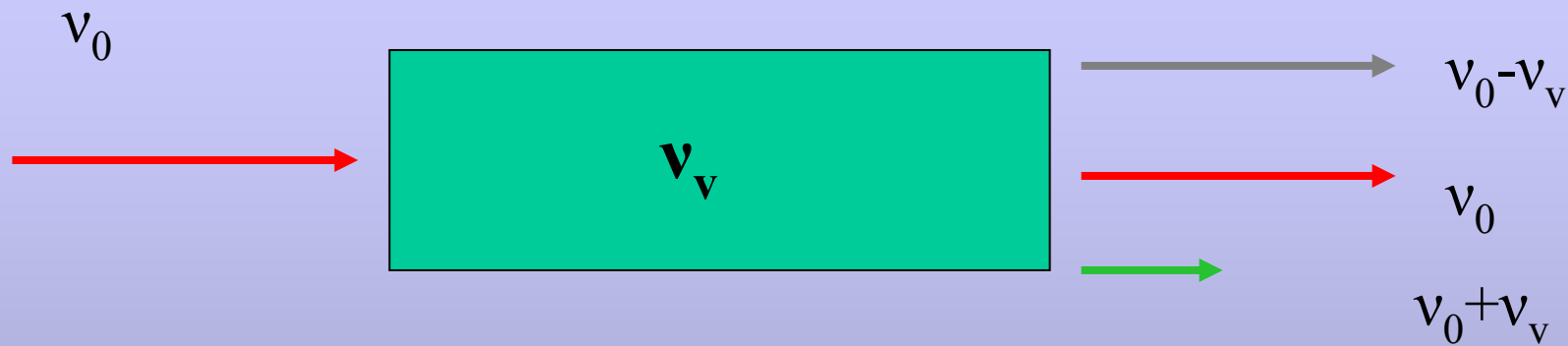
Ramano sklaida šviesolaide

- Kai spinduliuotės galia labai didelė, gali susidaryti sąlygos priverstiniai Ramano sklaidai. Tokia sklaida yra koherentinė ir kryptinga
- Molekulė, patekusi į elektromagnetinės bangos lauką, poliarizuojama. Indukuotas dipolinis momentas proporcingas elektrinio lauko stipriui, jis kinta elektromagnetinio lauko dažniu

$$\nu_0$$

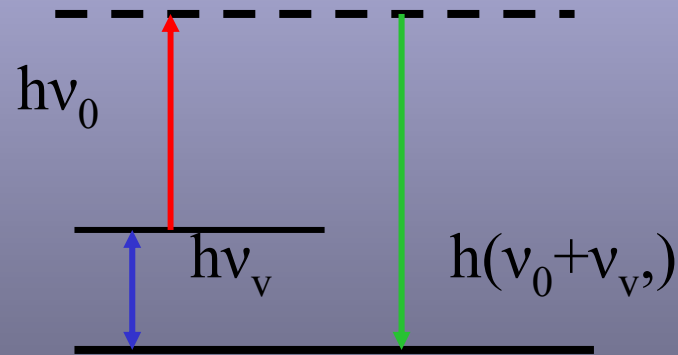
- Molekulių branduoliai virpa tam tikru savuoju dažniu ν_V

- $\nu_0 \gg \nu_V$

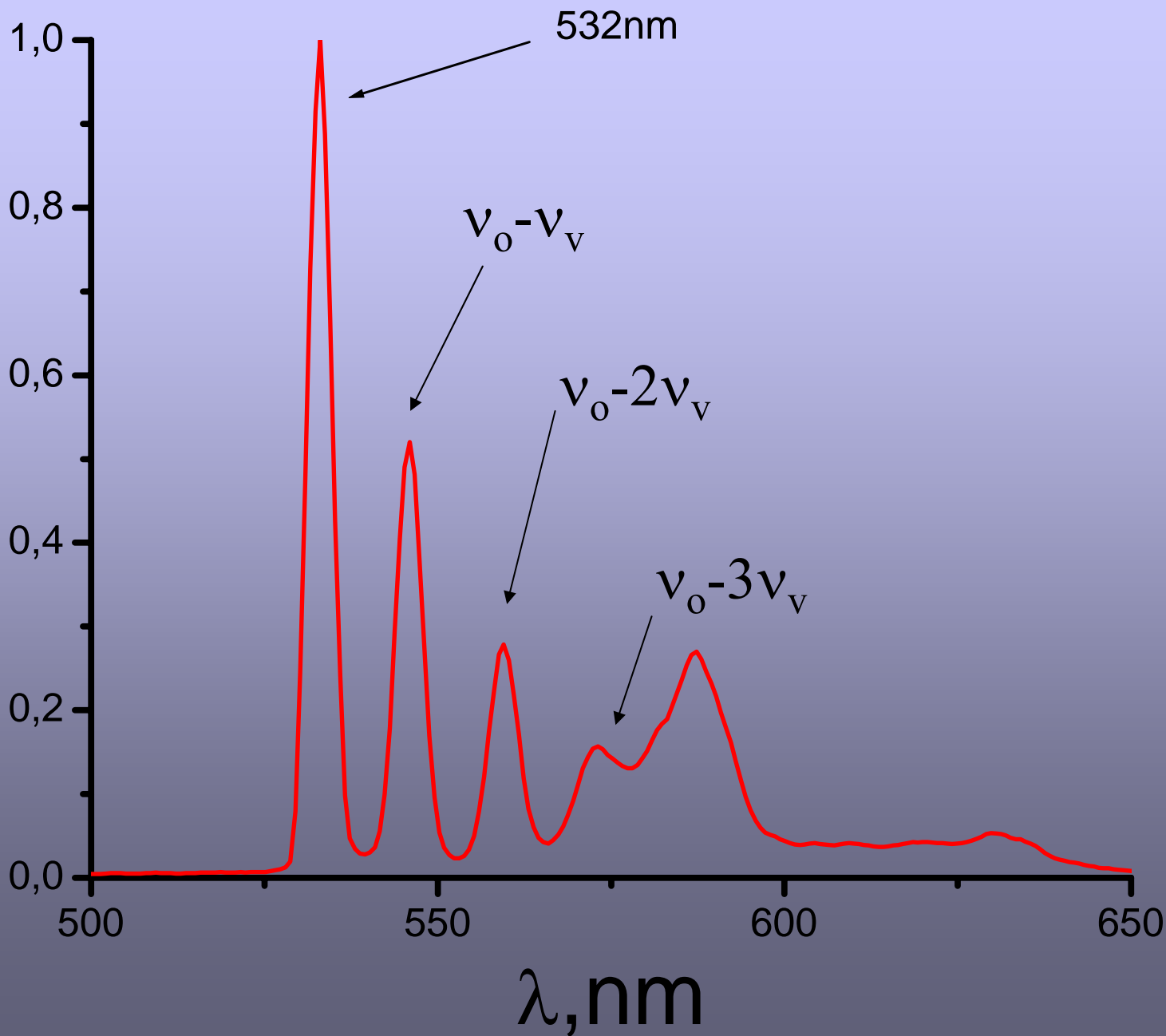


Stokso juosta

\gg



Antistokso juosta



Keturbangis maišymasis

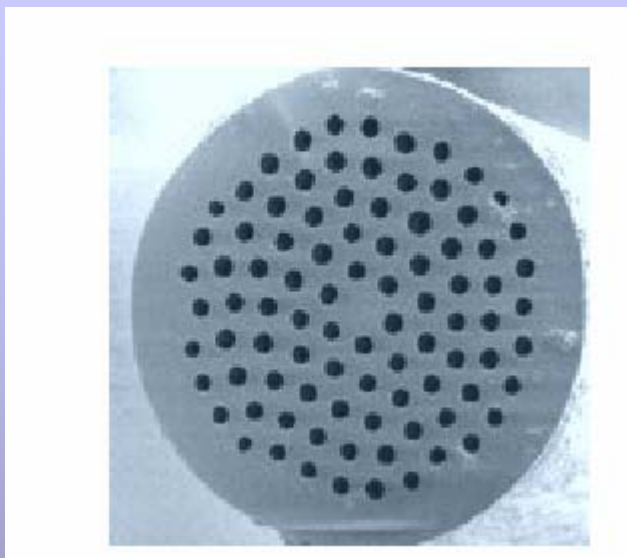
Keturbangis maišymas nusako keturių bangų sąveiką netiesinėje medžiagoje su trečios eilės poliarizacija

$$P^{(3)} = \epsilon_0 \chi^{(3)} E_1 E_2^* E_3$$

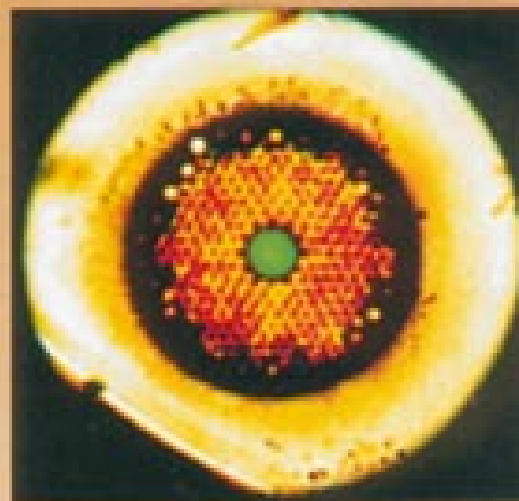
Trys skirtingų dažnių bangos gali kurti naujo dažnio bangą

$$\omega_1 + \omega_2 - \omega_3 = \omega_4$$

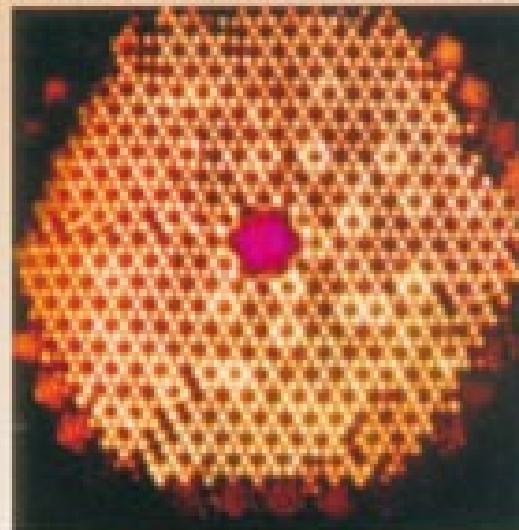
Fotoninio kristalo šviesolaidžiai



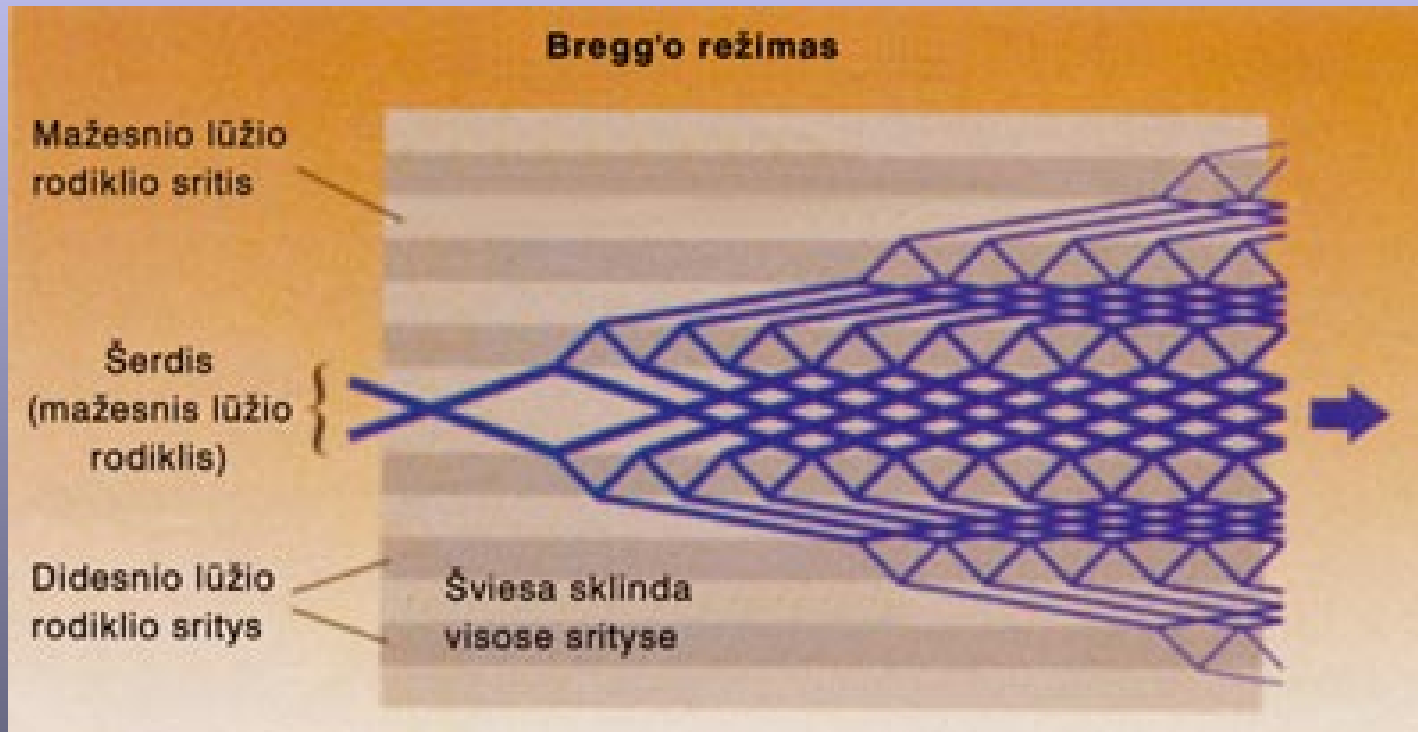
Skaidula praleidžia žalią šviesą

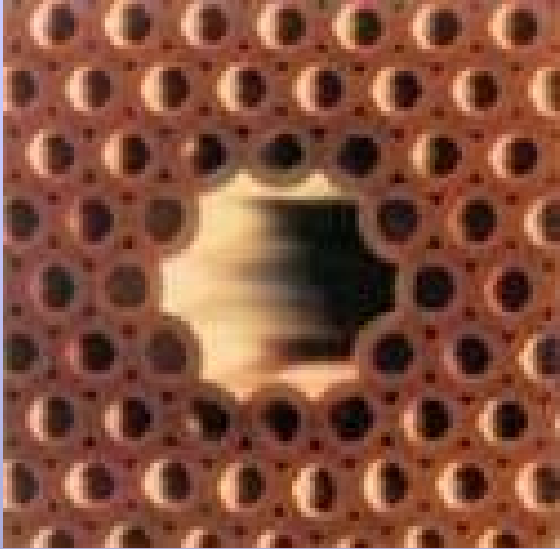


Skaidula praleidžia rožinę šviesą



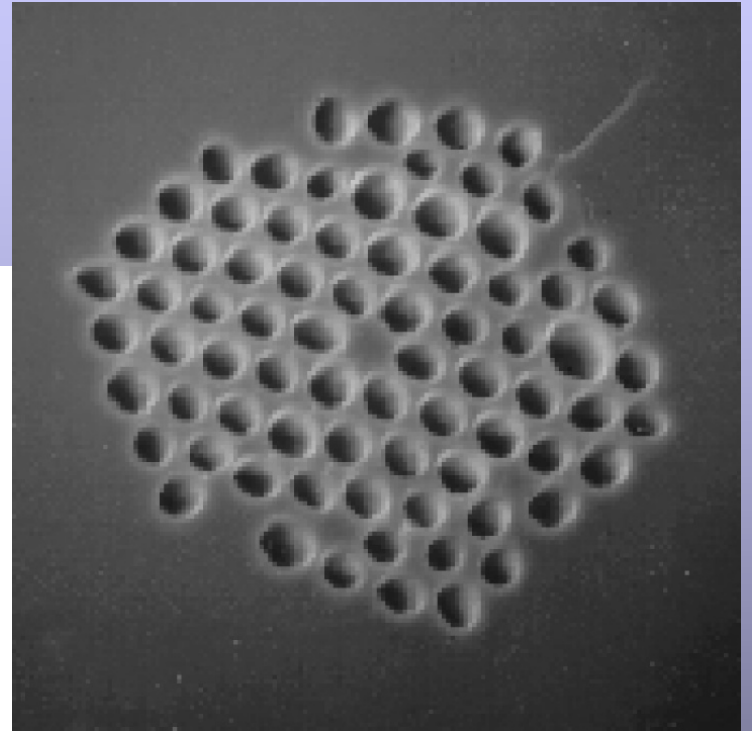
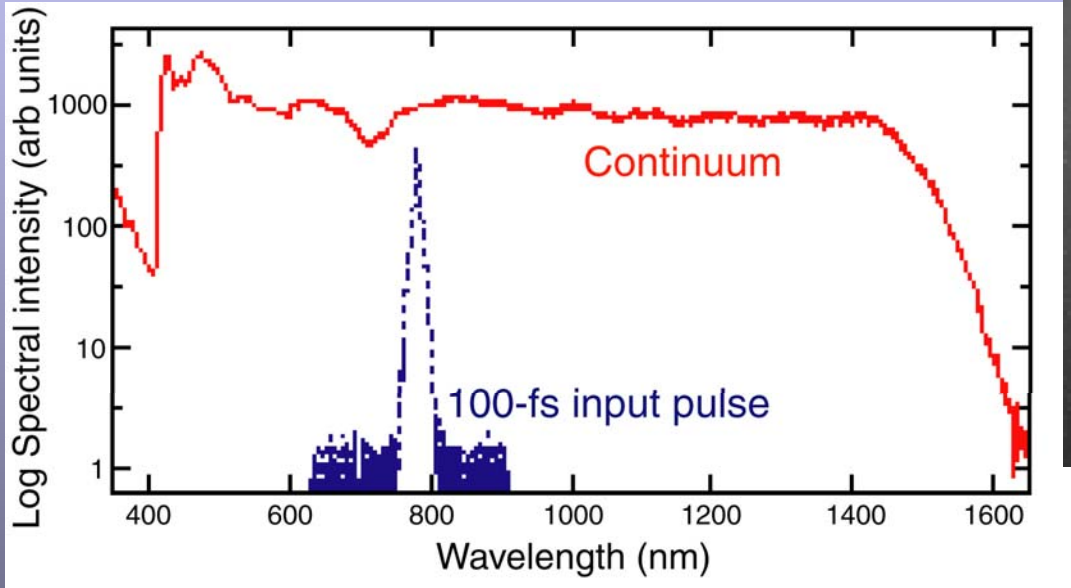
Fotoninė draustinė juosta



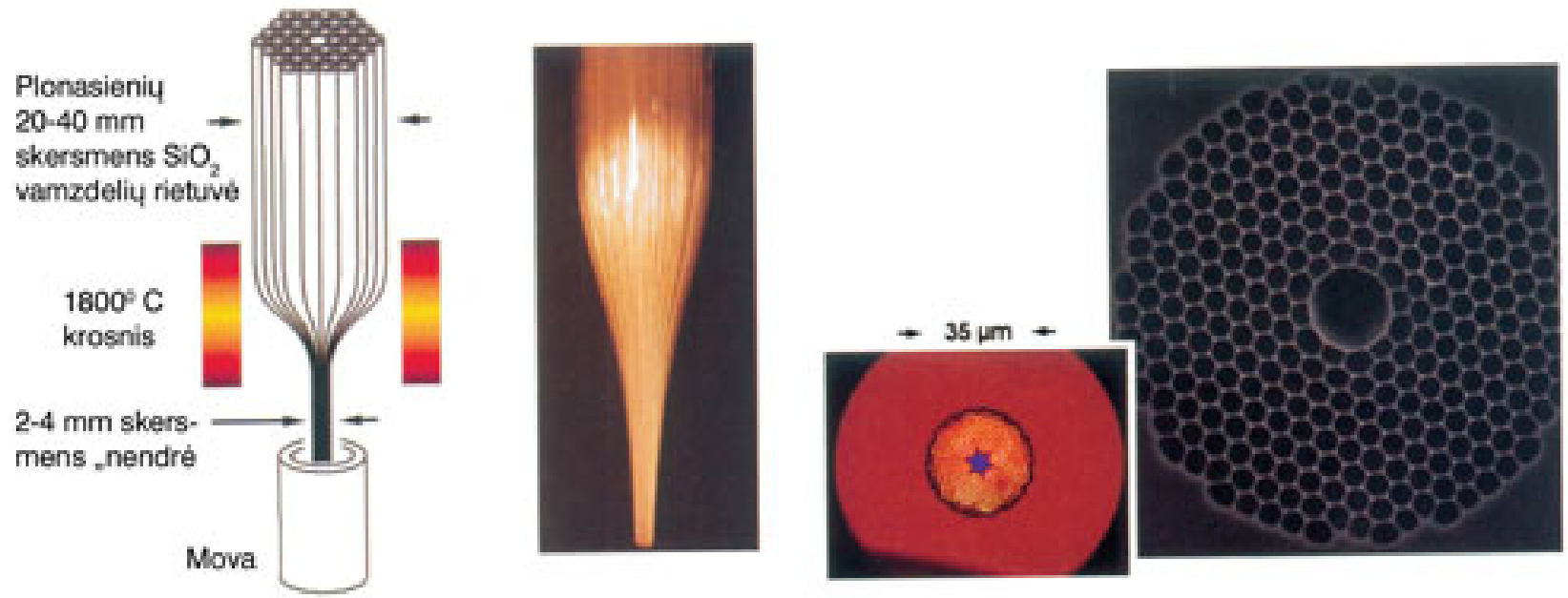


Skaidulos savybės priklauso nuo skylių dydžio formos ir išsidėstymo

- Grupinio greičio dispersijos nulinio perslinkimas į regimosios šviesos sritį
- Skaidulos su didesnėmis kiaurymėmis pasižymi didesne dispersija
- Vienamodžiai kvarciniai fotoniniai šviesolaidžiai labai netiesinė terpė dėl mažų efektinių plotų ir menkų nuostolių



J.K. Ranka, R.S. Windeler, and A.J. Stentz, *Opt. Lett.* Vol. 25, pp. 25-27, 2000



Ačiū už dėmesį