

# **Оптоинформатика**

**7 семестр, форма аттестации -  
экзамен**

**Лекции читает**

**Пронин С.П., д.т.н., профессор**

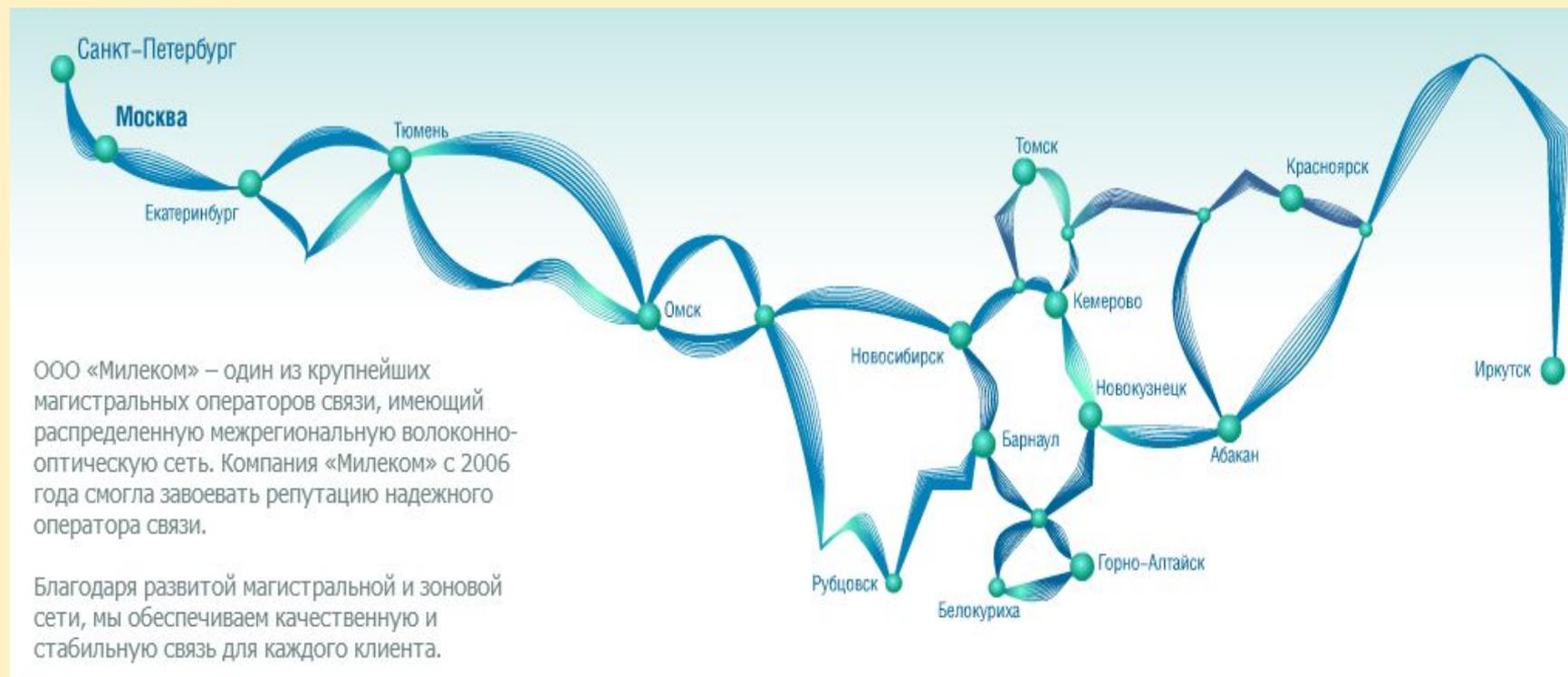
**Лабораторные работы ведет**

**Пронин С.П., д.т.н., профессор**

**Оптоинформатика – это область фотоники, в которой создаются новые технологии:**

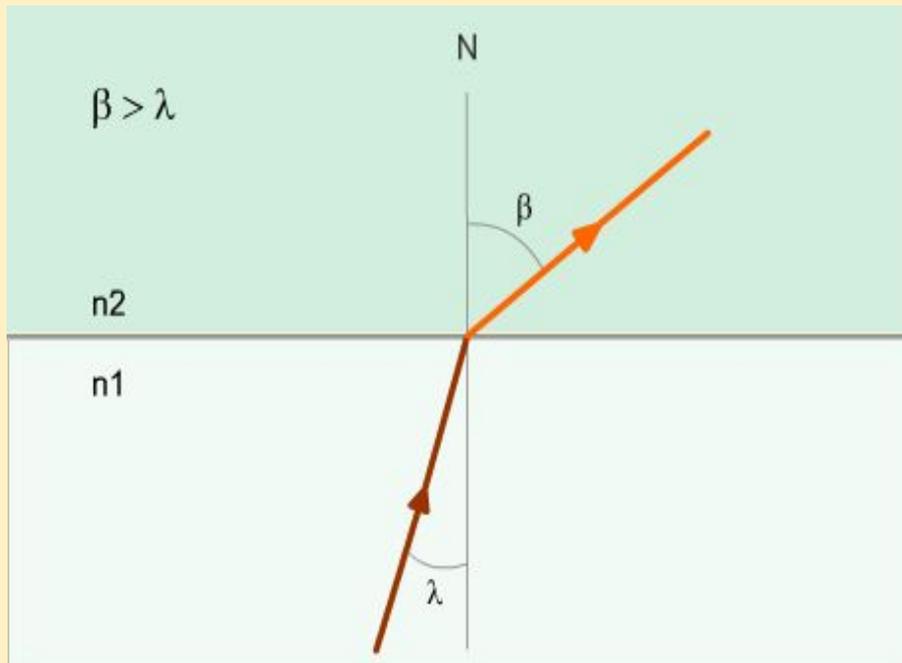
1. Передачи и приема информации на основе фотонов;
2. Обработки информации на основе фотонов;
3. Хранения информации на основе фотонов;
4. Отображения информации на основе фотонов.

# ООО «Милеком»



**Адрес центрального офиса компании: Алтайский край, г. Барнаул.  
Региональные представительства (Обособленные подразделения): г. Омск; г.Красноярск; г.Кемерово, г.Новосибирск**

# Преломление и отражение света на границе раздела двух сред



**возду**

$n_2$  – показатель преломления воздуха

← Поверхность раздела двух сред;  $n_1 > n_2$

**стекл**

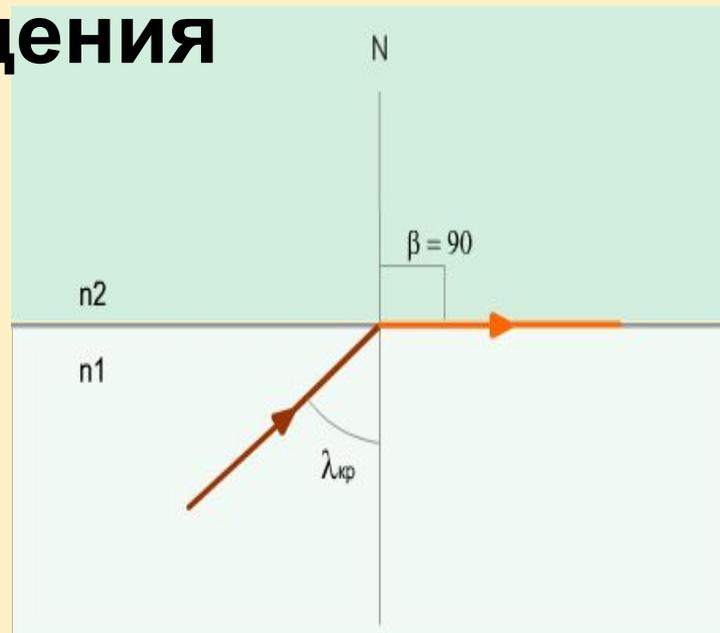
$n_1$  – показатель преломления стекла

**N** – нормаль к поверхности раздела двух сред;  
 **$\lambda$**  - угол падения;  
 **$\beta$**  - угол преломления.

# Закон Снеллиуса

$$n_1 \cdot \sin \lambda = n_2 \cdot \sin \beta.$$

## Критический угол падения



Преломленный луч скользит по поверхности раздела двух сред

# Закон Снеллиуса для критического угла падения

При скольжении преломленного луча по поверхности угол  $\beta = 90^\circ$ ,  
поэтому:

$$n_1 \cdot \sin \lambda = n_2 \cdot \sin 90.$$

$$n_1 \cdot \sin \lambda_{\text{кр}} = n_2$$

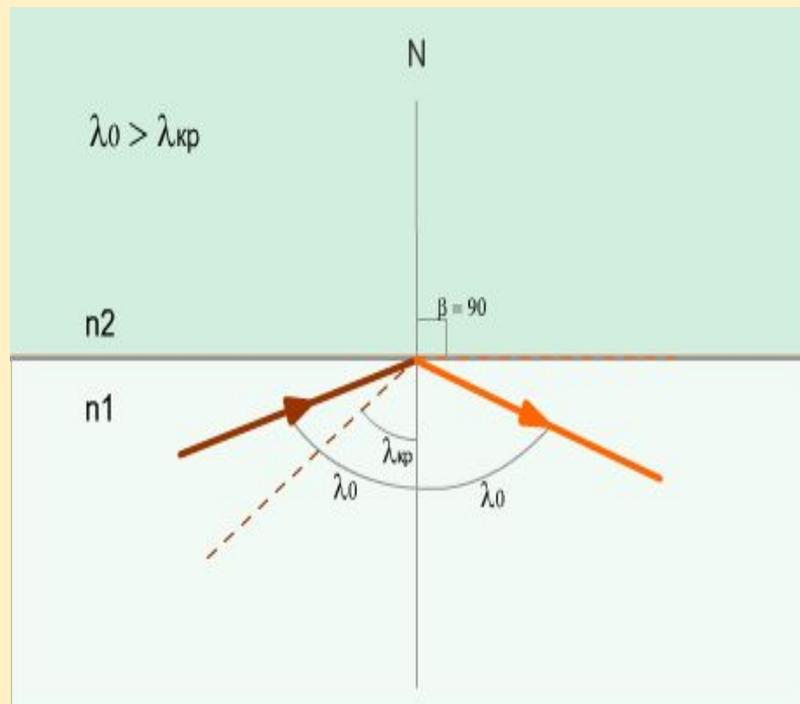
Из полученной формулы рассчитаем критический угол падения  $\lambda_{\text{кр}}$ :

$$\sin \lambda_{\text{кр}} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\lambda_{\text{кр}} = \arcsin \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

Основываясь на этом законе, работают НИИ, КБ и промышленные предприятия по созданию оптоволоконной техники

# Следствие из закона Снеллиуса

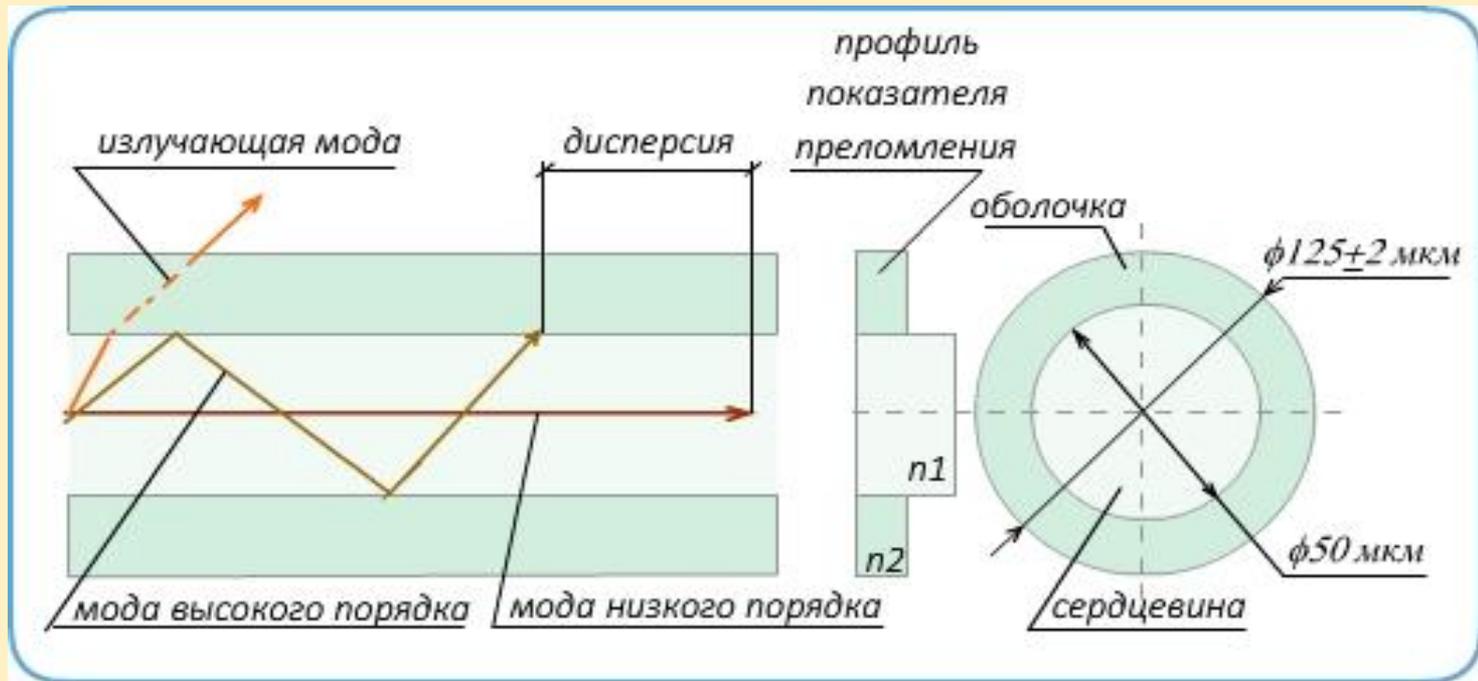


Передача информации по оптоволоконному кабелю возможна при условии:  $\lambda_0 > \lambda_{кр}$

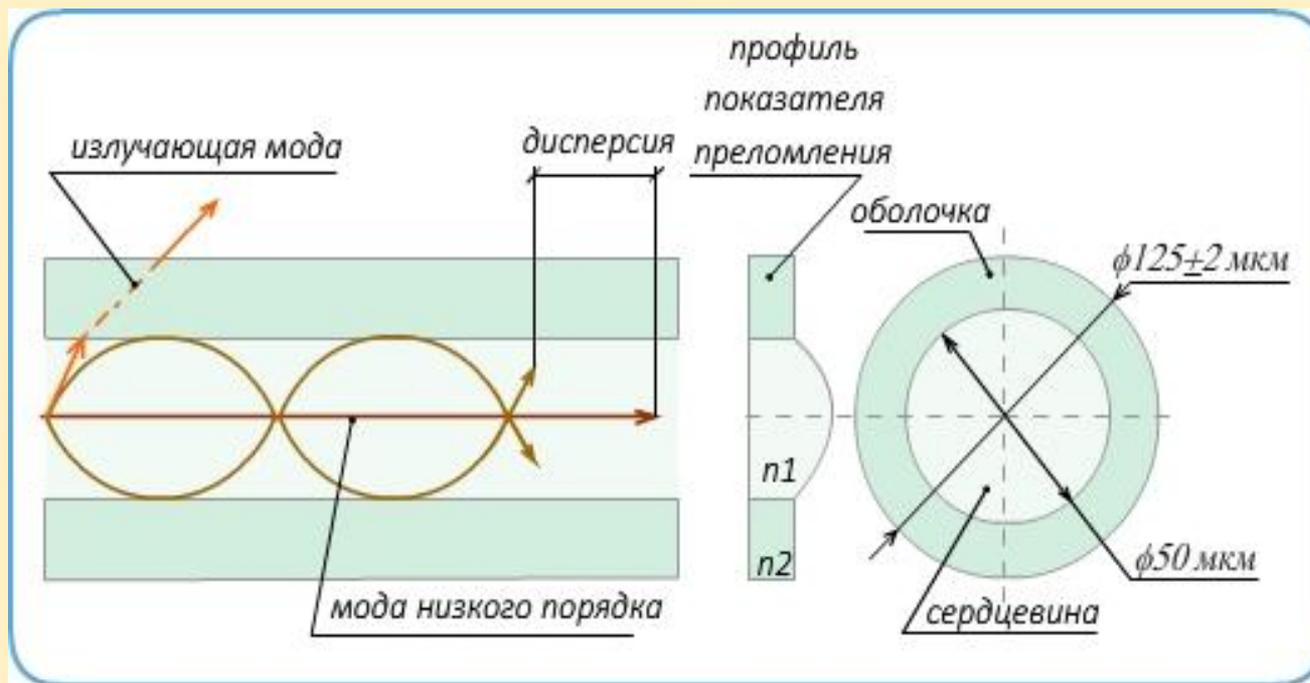
# Типы оптических волокон

## ВОЛОКОН

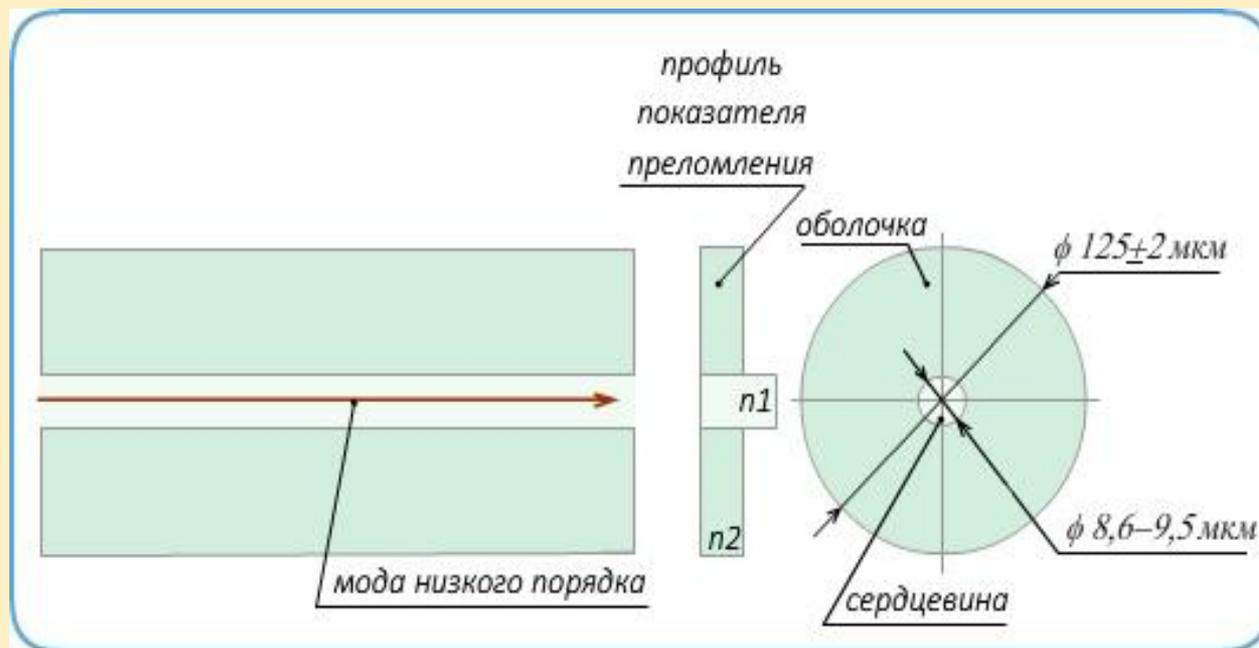
многомодовое волокно со ступенчатым профилем показателя преломления



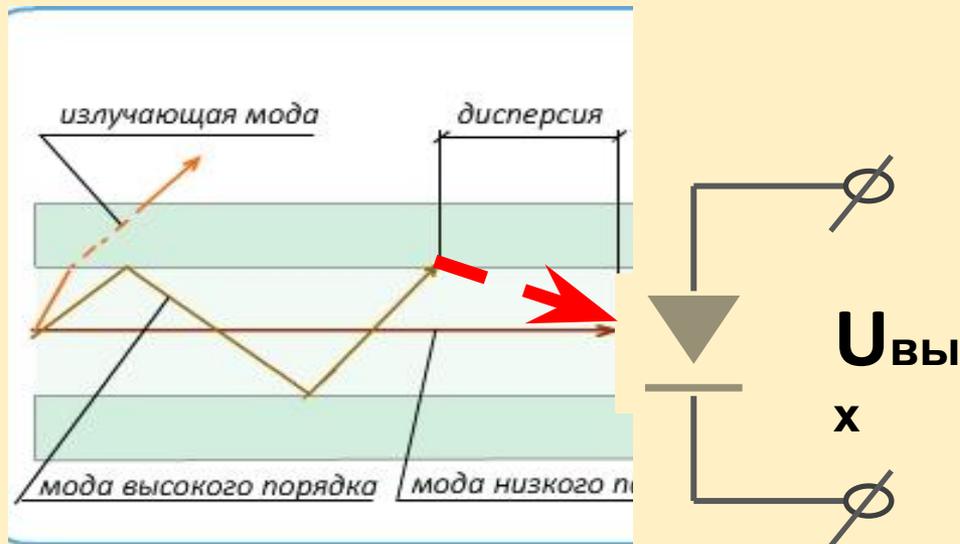
# многомодовое волокно с градиентным профилем показателем преломления



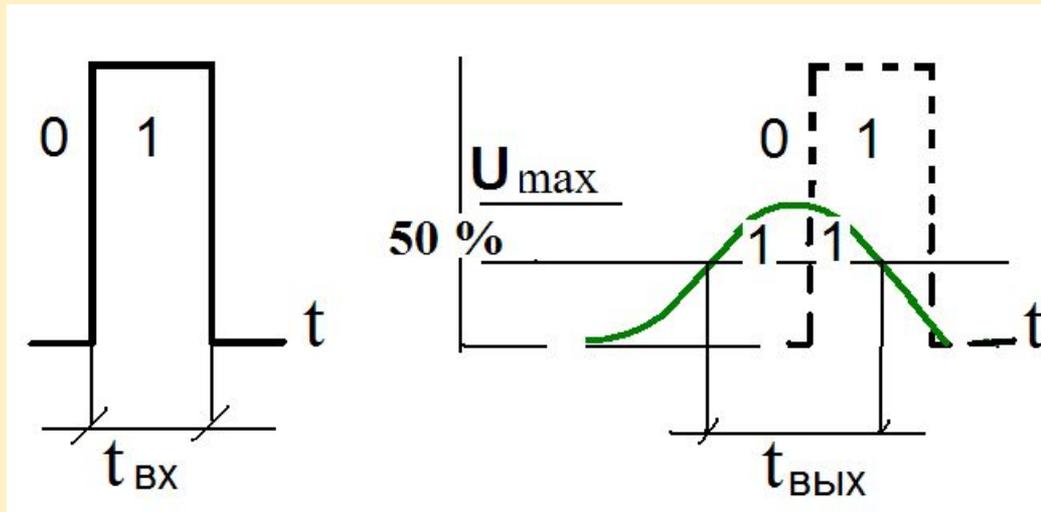
# Одномодовое волокно с ступенчатым профилем показателя преломления



## Влияние распространения различных мод на качество передачи сигнала



Мода самого низкого порядка достигает приемника быстрее других мод. Остальные моды за счёт задержки вносят свой вклад позднее. Процесс задержки мод приводит к уширению выходного импульса.



Импульс на выходе, расширенный за счёт дисперсии, займёт и соседнюю битовую позицию, которая исходно должна быть логическим 0. Возникает типичная битовая ошибка .

Дисперсия определяется как квадратичная разность длительности импульсов на выходе и входе оптического волокна световода, получаемой на половине высоты импульса, и измеряется в пикосекундах [пс].

$$\tau = \sqrt{t_{\text{ВЫХ}}^2 - t_{\text{ВХ}}^2}$$

Предел пропускной способности (скорости передачи информации, информационной полосы пропускания) волоконного световода определяется тем, насколько близко могут располагаться кодирующие информацию соседние импульсы без взаимного перекрытия и, следовательно, без возникновения межсимвольных помех.

Уширение импульса определяет полосу частот передаваемого сигнала  $\Delta f$  (скорость передачи информации) следующим образом:

$$\Delta f = 1/\tau$$

Например, значение дисперсии  $\tau = 2-5$  пс соответствует полосе частот:

$$\Delta f = \frac{1}{2 * 10^{-12}} = 0,5 * 10^{12} \text{ Гц} = 500 * 10^9 \text{ Гц} = 500 \text{ ГГц}$$

$$\Delta f = \frac{1}{5 * 10^{-12}} = 200 \text{ ГГц}$$

**Чтобы импульсы не перекрывали друг друга и , таким образом ,  
исключить битовые ошибки:**

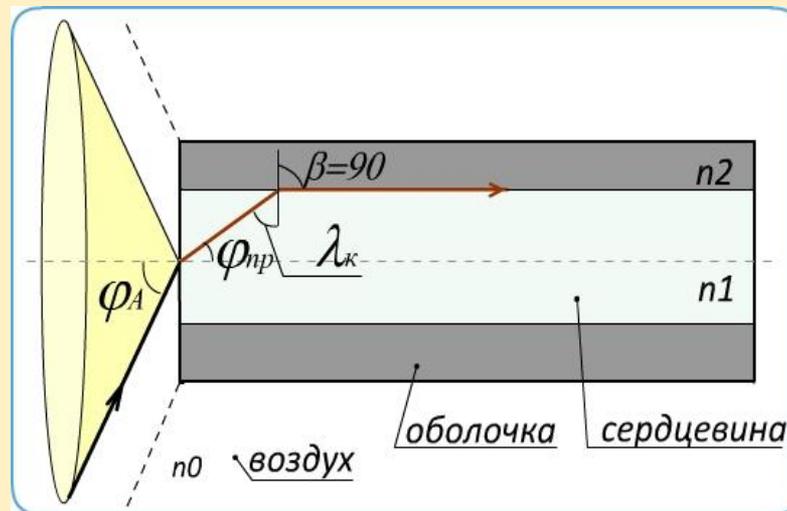
- уменьшают длину передающей линии;**
- уменьшают скорость передачи данных;**
- используют одномодовое волокно или многомодовое  
волокно с градиентным профилем показателя преломления.**

# Числовая апертура

ступенчатого многомодового

представляет важную характеристику, которая определяет способность оптического волокна принимать и распространять свет, принимаемой мощности,

ОБ Числовая апертура в переводе на английский язык звучит как Numerical aperture (NA)



**Определение 1.** Числовая апертура равна синусу максимального угла между осью ОБ (оптическое волокно) и лучом, для которого выполняется условие полного внутреннего отражения в оптическом волокне:

$$NA = \sin \varphi_A$$

**Определение 2.** Числовая апертура равна корню квадратному из разности квадратов максимального значения показателя преломления сердцевины  $n_1^2$  и значение показателя преломления оптической оболочки оптического волокна  $n_2^2$ :

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

### Доказательство

Параметры падающего на торец ОВ и преломленного лучей связаны законом Снеллиуса:

$$n_0 \cdot \sin \varphi_A = n_1 \cdot \sin \varphi_{\text{пр}}$$

По формуле приведения можно выразить угол  $\varphi_{\text{пр}}$  через критический угол  $\lambda_{\text{кр}}$ :

$$\sin \varphi_{\text{пр}} = \sin(90 - \lambda_{\text{кр}}) = \cos \lambda_{\text{кр}}$$

$$n_0 \cdot \sin \varphi_A = n_1 \cdot \cos \lambda_{\text{кр}} = n_1 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \lambda_{\text{кр}}}$$

Поскольку показатель преломления  $n_0 = 1$ , то формула упрощается

$$\sin \varphi_A = n_1 \cdot \cos \lambda_{\text{кр}} = n_1 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \lambda_{\text{кр}}}.$$

Критический угол  $\lambda_{\text{кр}}$  определяется по известной формуле:

$$\lambda_{\text{кр}} = \arcsin \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

Подставляем в синус, стоящего под корнем, выражение арксинуса:

$$\sin^2 \lambda_{\text{кр}} = \sin^2 \left( \arcsin \left( \frac{n_2}{n_1} \right) \right) = \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

$$\sin \varphi_A = n_1 \cdot \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2},$$

Окончательный вид доказательства

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