

# История волоконной оптики.

## Оптический телеграф Шаппа

В 1792 году во Франции Клод Шапп создал систему передачи визуальной информации, которая получила название **«Оптический телеграф»**.

В простейшем виде это была цепь типовых строений, с расположенными на кровле шестами с подвижными поперечинами, которая создавалась в пределах видимости одно от другого. Шесты с подвижными поперечинами — семафоры — управлялись при помощи тросов специальными операторами внутри строений.

**Шапп создал специальную таблицу кодов, где каждой букве алфавита соответствовала определенная фигура, образуемая Семафором, в зависимости от положений поперечных брусьев относительно опорного шеста.**

Система Шаппа позволяла передавать сообщения на скорости два слова в минуту и быстро распространилась в Европе. В Швеции цепь станций оптического телеграфа действовала до 1880 года.



# История развития волоконной ОПТИКИ.

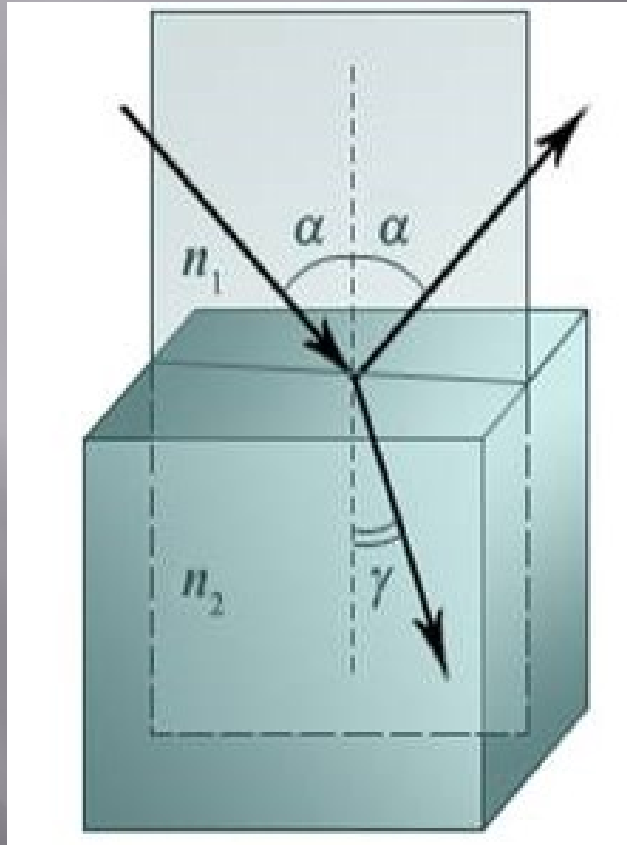
Т а б л и ц а 1.1. Основные вехи в истории развития  
оптической связи

1609 г	Галилей	Телескоп-рефрактор
1626 г	Снеллиус	Законы Снеллиуса
1668 г	Ньютон	Телескоп-рефлектор
1870 г	Тиндалл	Изучение световодных свойств водяной струи
1873 г	Максвелл	Теория электромагнитных волн
1888 г	Герц	Приложение теории электромагнетизма к оптическим явлениям
1889 г.	Попов	Изобретение радио
1897 г.	Рэлей	Теория волноводов
1910 г.	Хондрос, Дебай	Анализ диэлектрического волновода
1930 г.	Лэмб	Опыты с кварцевым волокном
1951 г.	Хэм, Хопкинс, Капани	Передача изображений по жгутам
1954 г.	Басов, Прохоров, Таунс	Теория квантового генератора
1958 г	Капани	Оптический волновод с оболочкой
1960 г	Мэйман	Рубиновый лазер
1960 г	Джаван	Гелиево-неоновый лазер
1962 г	—	Полупроводниковый лазер
1966 г	Као, Хокман	Применение волокон для связи
1969 г.	Ушида	Градиентное волокно
1970 г	Капрон, Кек	Волокно с потерями 20 дБ/км
1976 г	Хоригучи	Волокно с потерями 0,47 дБ/км
1979 г	Шимада	Передача информации без ретрансляции на расстояние 100 км
1985 г	—	Когерентная передача информации на расстояние 150 км

# Развитие волоконной оптики 2

- ▣ 1876 г. Адамс и Дэй ФотоЭДС в селене.
- ▣ Опыты Столетова и создание фотоприемников на внешнем фотоэффekte.
- ▣ Кристадин Лосева 1921.
- ▣ Свечение Лосева. 1922
- ▣ Волоконный лазер В. Гапонцев. 1980 - 1993 – Н.В.

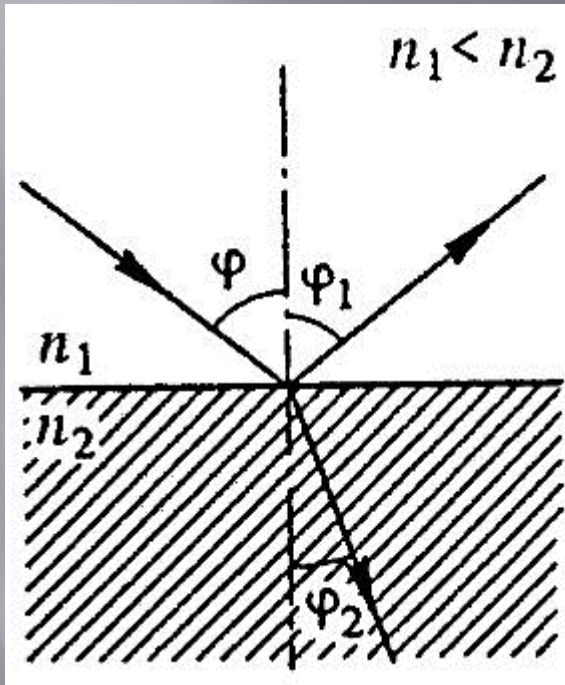
# ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА НА ГРАНИЦЕ ДВУХ ДИЭЛЕКТРИКОВ.



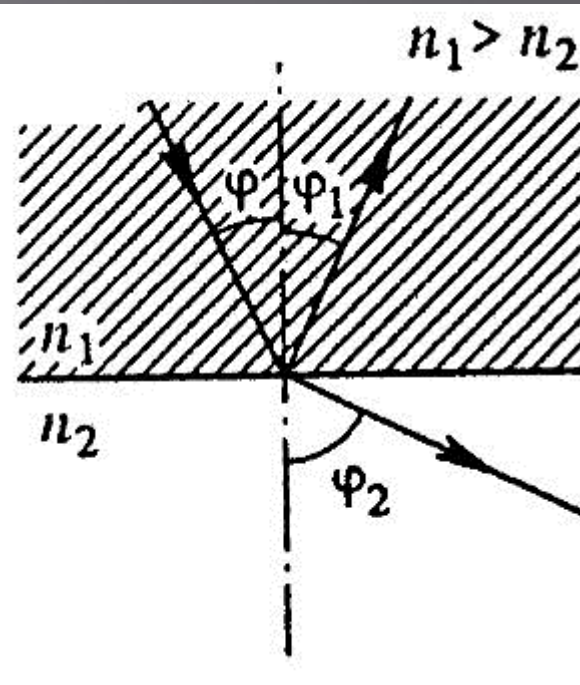
При преломлении света на границе раздела двух сред возникает два основных вопроса:

1. Куда будут распространяться падающая и преломленная волны.
2. Как будут соотноситься энергия падающей и отраженной волны.

# Закон Евклида, закон Снеллиуса



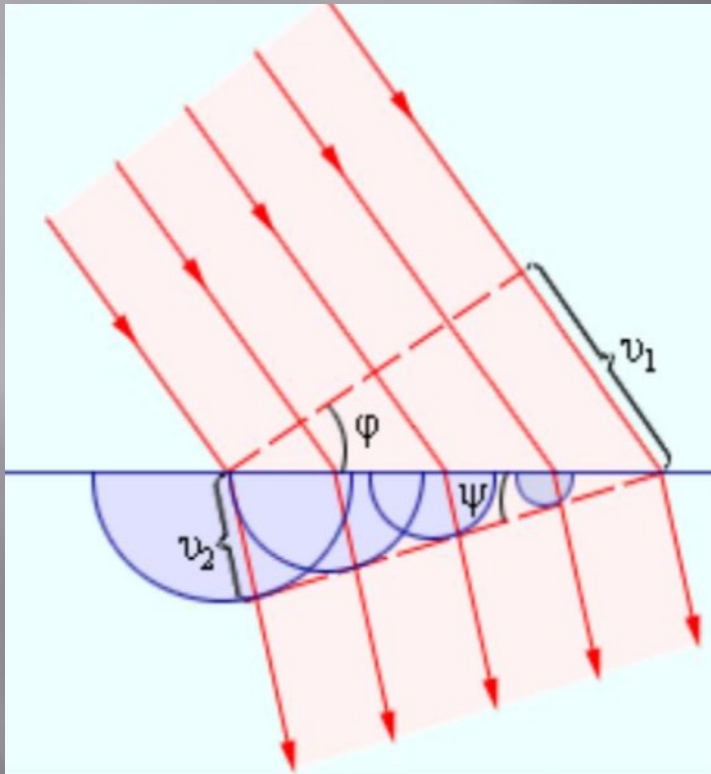
$$\begin{aligned}\sin \varphi &= \sin \varphi_1 \\ \varphi &= \varphi_1\end{aligned}$$



$$\frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_2} = \frac{n_1}{n_2} = n$$



# Вывод закона Снеллиуса



- Закон Снеллиуса может быть выведен с точки зрения принципа Гюйгенса-Френеля из анализа интерференции волн от вторичных источников, создаваемых падающей волной на границе раздела двух сред.

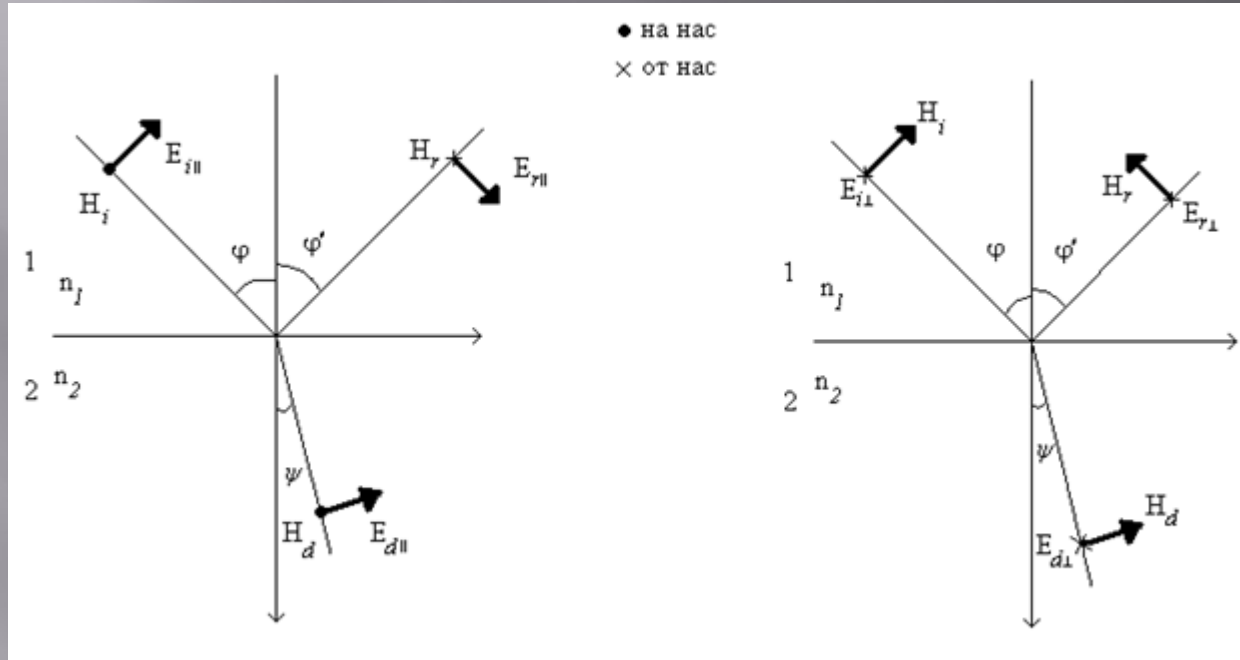
# Вывод закона Снеллиуса.

$$E_{\tau 1} = E_{\tau 2}$$

$$H_{\tau 1} = H_{\tau 2}$$

- ▣ Ранее описанный подход позволяет определить направление распространения падающей, отраженной и преломленной волны, но не в состоянии описать соотношение энергии в этих волнах. Для этого наиболее простым подходом является решение задачи в приближении классической электродинамики, рассматривая среды как сплошные.

# Формулы Френеля.



- В связи с асимметрией световой волны приходится разбивать задачу для двух предельных случаев поляризации: компонента электрического вектора лежит в плоскости падения или перпендикулярна ей.



# Выражения для волн.

$$E_i \exp[i(\omega_i t - k_i r s_i)] \quad k_i = \frac{\omega_i}{v_i} = \frac{\omega_i}{c} n_1$$

$$E_r \exp[i(\omega_r t - k_r r s_r)] \quad k_r = \frac{\omega_r}{v_r} = \frac{\omega_r}{c} n_1$$

$$E_d \exp[i(\omega_d t - k_d r s_d)] \quad k_d = \frac{\omega_d}{v_d} = \frac{\omega_d}{c} n_2$$

# Граничные условия.

$$eE_{i,r} \exp[i(\omega_i t - k_i r s_i)] + E_{r,r} \exp[i(\omega_r t - k_r r s_r)] = E_{d,r} \exp[i(\omega_d t - k_d r s_d)],$$

$$\omega_i = \omega_r = \omega_d$$

$$k_i s_{i\tau} = k_r s_{r\tau} = k_d s_{d\tau}$$

$$s_{ix} = \sin \varphi \quad s_{rx} = \sin \varphi' \quad s_{dx} = \sin \psi$$

$$\frac{\sin \varphi}{v_1} = \frac{\sin \varphi'}{v_1} = \frac{\sin \psi}{v_2},$$

# Полное внутреннее отражение

- ▣ Возможен вариант, когда синус угла преломления больше 1. Это означает, что во второй среде ЭМВ сформироваться не может, поскольку волны от вторичных источников, расположенных на границе раздела гасят друг друга, а вся энергия ЭМВ возвращается в первую среду.

# Области применения волоконных световодов.

- ▣ 1. Передача информации (волоконно-оптические линии связи - ВОЛС).
  - Основные требования – минимальное затухание сигнала, минимальное искажение формы сигнала.
- ▣ 2. Передача энергии (Оптико-волоконные приставки к технологическим лазерам, коробчатые волноводы СВЧ-оборудования).
  - Основные требования – минимальные потери, минимальное ухудшение качества пучка.

# Области применения волоконных световодов 2.

- ▣ 3. Получение (съем) информации (волоконно-оптические датчики).
  - Основные требования – в зависимости от конкретных условий.
- ▣ 4. Генерация излучения (Волоконные лазеры).
  - Максимальный КПД.
  - Максимальное качество пучка.

# Области применения волоконных световодов 3.

- ▣ 5. Преобразование спектральных, временных и пространственных характеристик излучения.
  - Линии задержки.
  - Среды для нелинейной дисперсии.
  - Изменение ГФО пучков и перемешивание пространственной структуры.



# Типы световодов

- Многомодовый ступенчатый световод.
- Градиентный световод.
- Одномодовый световод.

