2.Принцип Ферма. Основные законы геометрической

***Пьер Ферма* 1601-1665**
Франция

1.

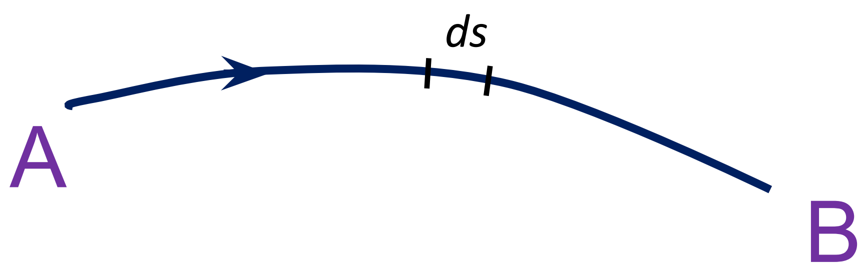
Принцип Ферма

:

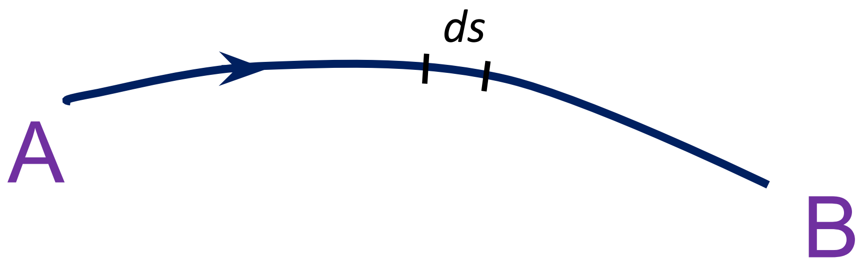
Свет распространяется по такому пути, для прохождения которого необходимо минимальное время.

Свет из точки **A** *приходит в точку* **B** *со скоростью*

$$\upsilon = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$$



За время dt свет пройдет расстояние ds.



$$dt = \frac{ds}{\upsilon} \quad \Rightarrow \quad t_{A\to B} = \int_{(A)}^{(B)} \frac{ds}{\upsilon} = \int_{(A)}^{(B)} \frac{ds}{\upsilon}\frac{c}{c} = \frac{1}{c}\int_{(A)}^{(B)} nds = \frac{L}{c}$$

$$n = \frac{c}{\upsilon}$$ ← Показатель преломления (показывает, во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в веществе)

$$L = \int_{(A)}^{(B)} nds$$ ← Оптическая длина пути

$$t_{\min} \Rightarrow L_{\min}$$

Т.е.

Принцип Ферма

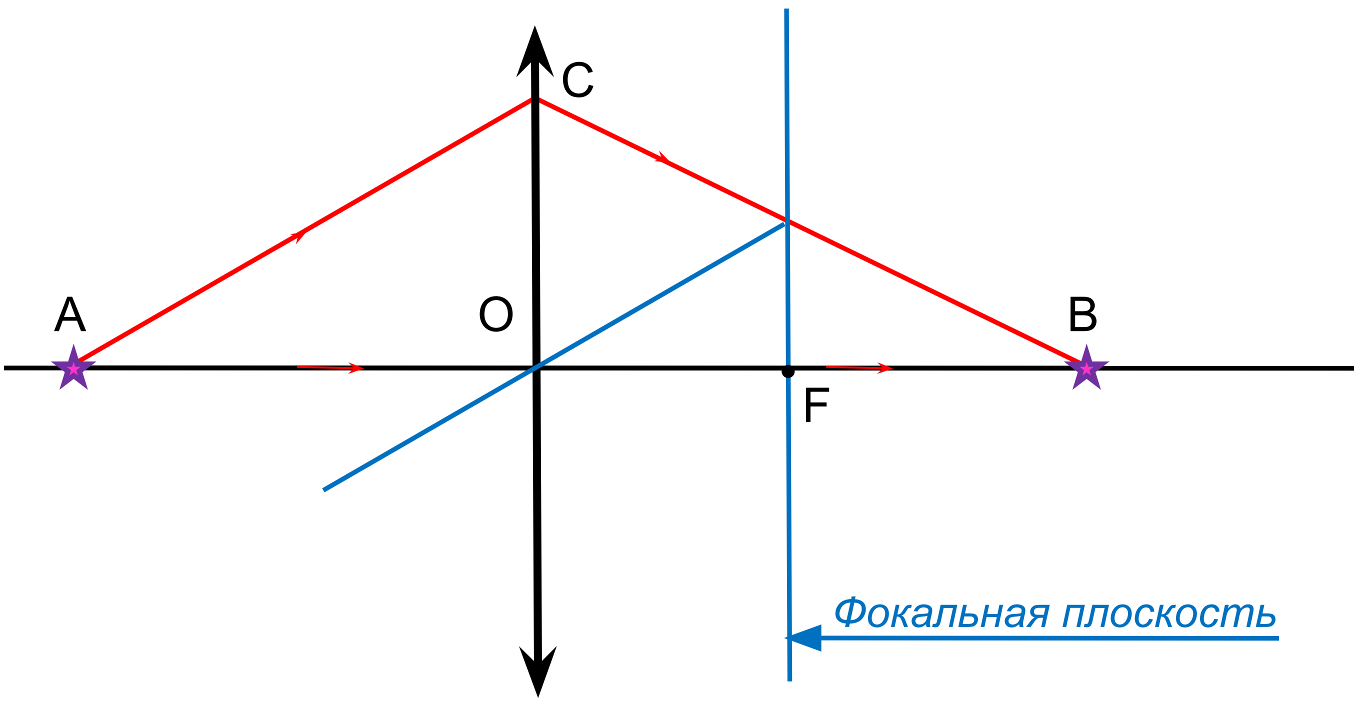
:

Свет распространяется по пути, ***оптическая длина*** *которого минимальна****!!!***

Следствие 4.

«Таутохронность» хода лучей в геометрической оптике

Для тонкой линзы: все лучи, идущие из точки A в точку B имеют одинаковую оптическую длину.



2.

Прямолинейность распространения света в однородной, изотропной, прозрачной среде.

$$\upsilon = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$$

$$n = \frac{c}{\upsilon} = \sqrt{\varepsilon\mu}$$

$$\Downarrow$$

$$\varepsilon = const. \mu = const. \upsilon = const. n = const.$$

$$\Downarrow$$

$$L = \int_{(A)}^{(B)} n ds = n \int_{(A)}^{(B)} ds = nS_{A\to B}$$

$$\Downarrow$$

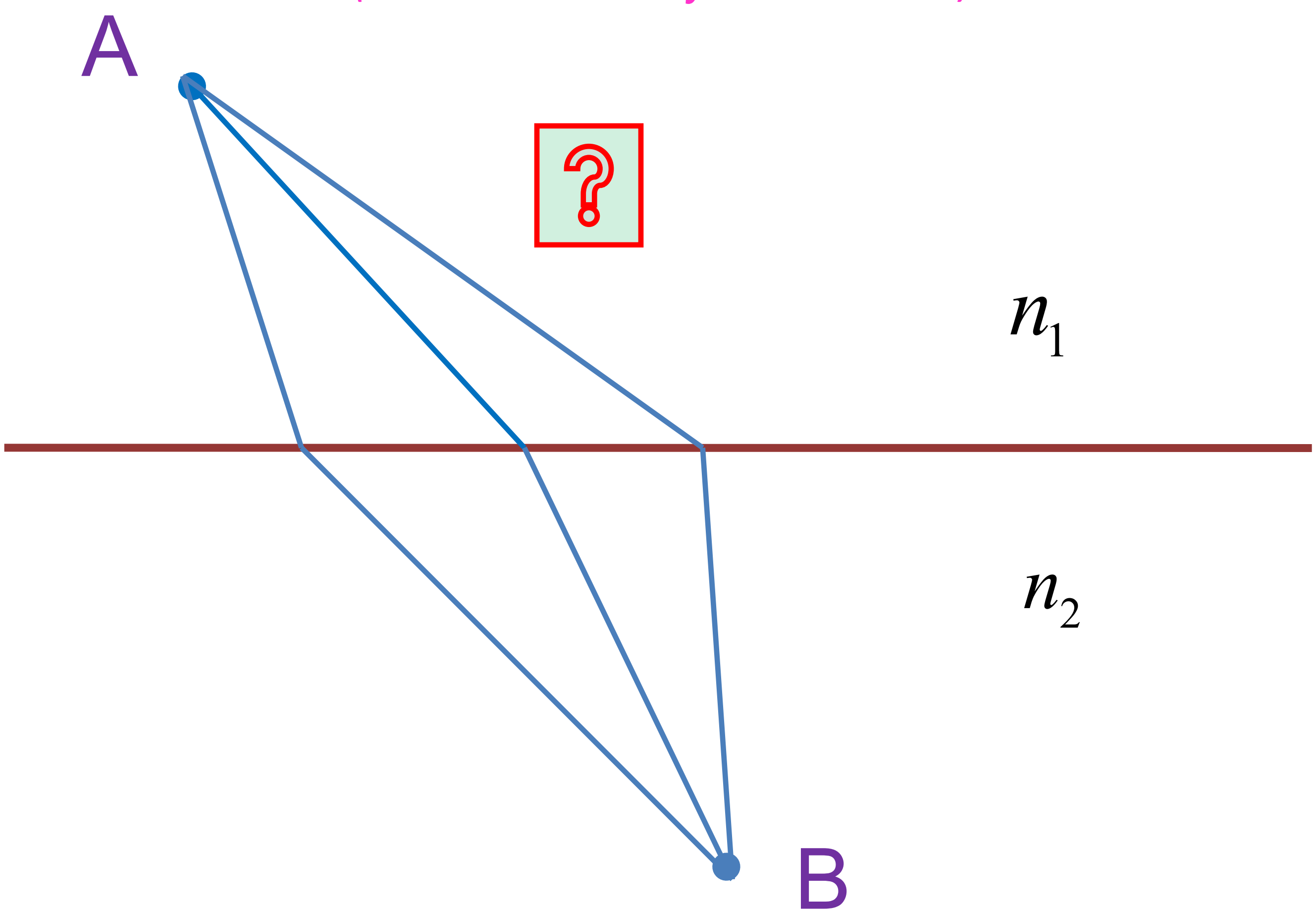
$$t_{\min} \Rightarrow L_{\min} \Rightarrow S_{\min} \Rightarrow$$ **Прямая,** соединяющая точки А и В.

В однородной, изотропной, прозрачной среде распространение света происходит по прямой (луч).

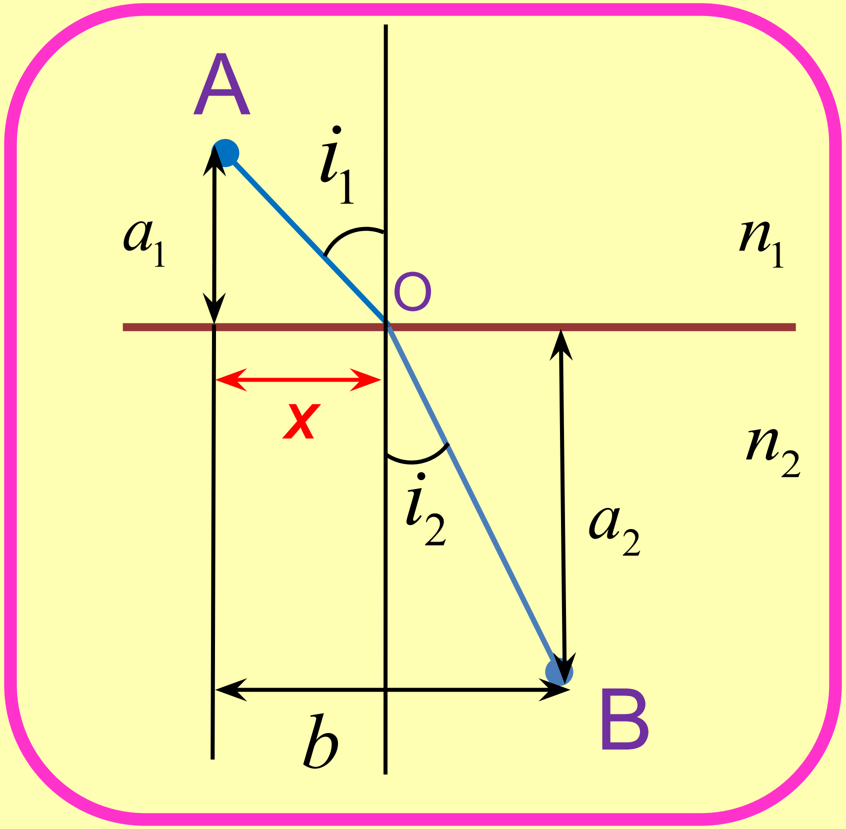
3.

Закон преломления света на границе двух однородных, изотропных, прозрачных сред.

(Закон Снеллиуса – 1620 г.)



Применяя принцип Ферма, определим как свет из точки A попадает в точку B



$$L = \int_{(A)}^{(B)} n ds = \int_{(A)}^{(O)} n_1 ds + \int_{(O)}^{(B)} n_2 ds = n_1 \cdot (AO) + n_2 \cdot (OB)$$

$$L = n_1 \sqrt{a_1^2 + x^2} + n_2 \sqrt{a_2^2 + (b-x)^2}$$

Согласно принципа Ферма- экстремальному значению оптической длины L(x) соответствует:

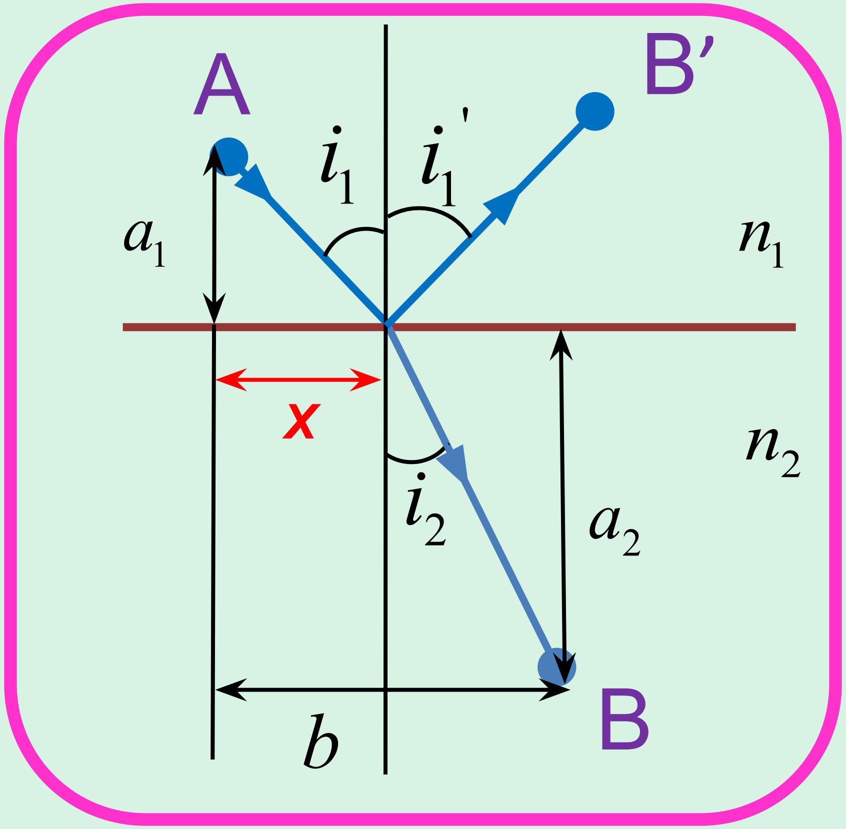
$$\frac{dL}{dx} = 0$$

$$\frac{dL}{dx} = \frac{n_1 2x}{2\sqrt{a_1^2 + x^2}} + \frac{n_2 2(b-x)(-1)}{2\sqrt{a_2^2 + (b-x)^2}} = 0$$

$$n_1 \frac{x}{\sqrt{a_1^2 + x^2}} - n_2 \frac{(b-x)}{\sqrt{a_2^2 + (b-x)^2}} = n_1 \sin i_1 - n_2 \sin i_2 = 0$$

$$\boxed{n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2}$$

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$



i_1 - *Угол падения*

i_2 - *Угол преломления*

i_1' - *Угол отражения*

Следствие 1.

«Обратимость хода лучей в геометрической оптике»

Свет из точки A в точку B распространяется по такому же пути как из точки B в точку A.

Следствие 2.

«Угол отражения света равен углу падения»

(самостоятельно)

$$i_1' = i_1$$

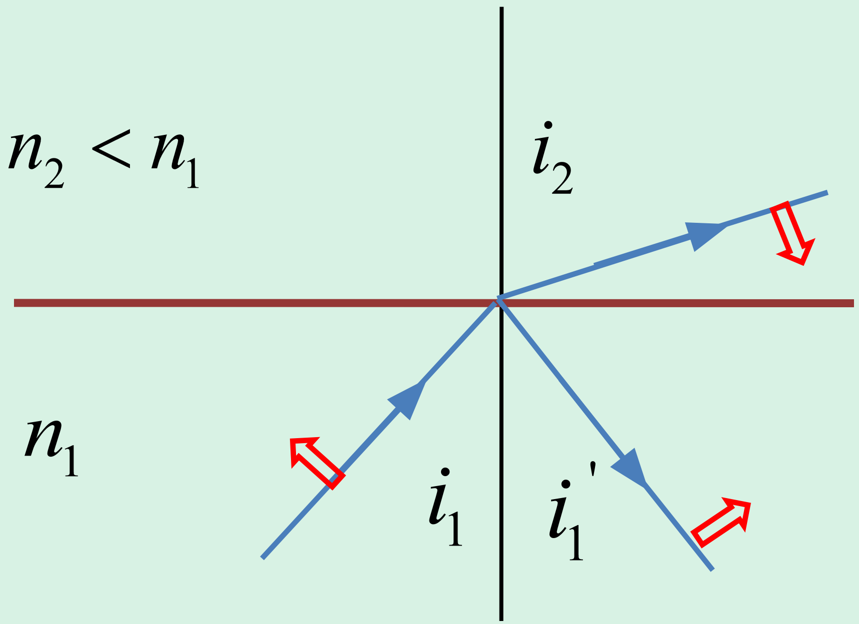
Оптически более плотной средой называется среда с большим показателем преломления.

Оптически менее плотной средой называется среда с меньшим показателем преломления.

Следствие 3.

«Закон полного внутреннего отражения»

На границе с оптически менее плотной средой падающий свет при определенном условии может полностью отражаться.

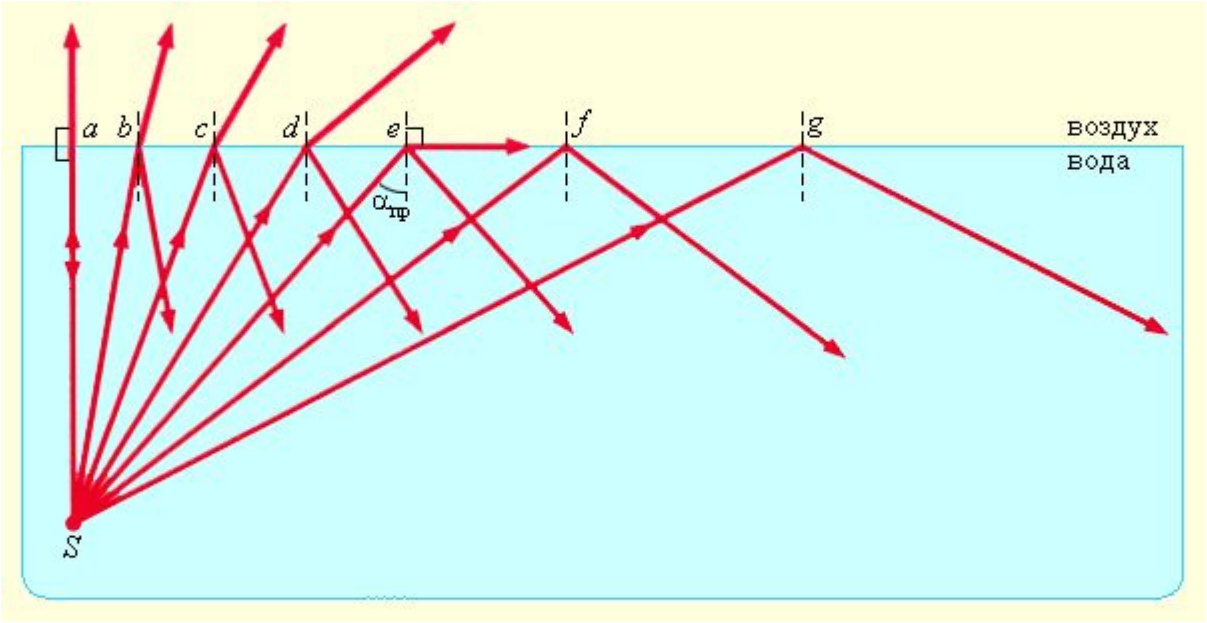


$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ → если $n_2 < n_1 \Rightarrow i_2 > i_1$; *уве-ние* i_1 → *уве-ние* i_2 *до* $\frac{\pi}{2}$

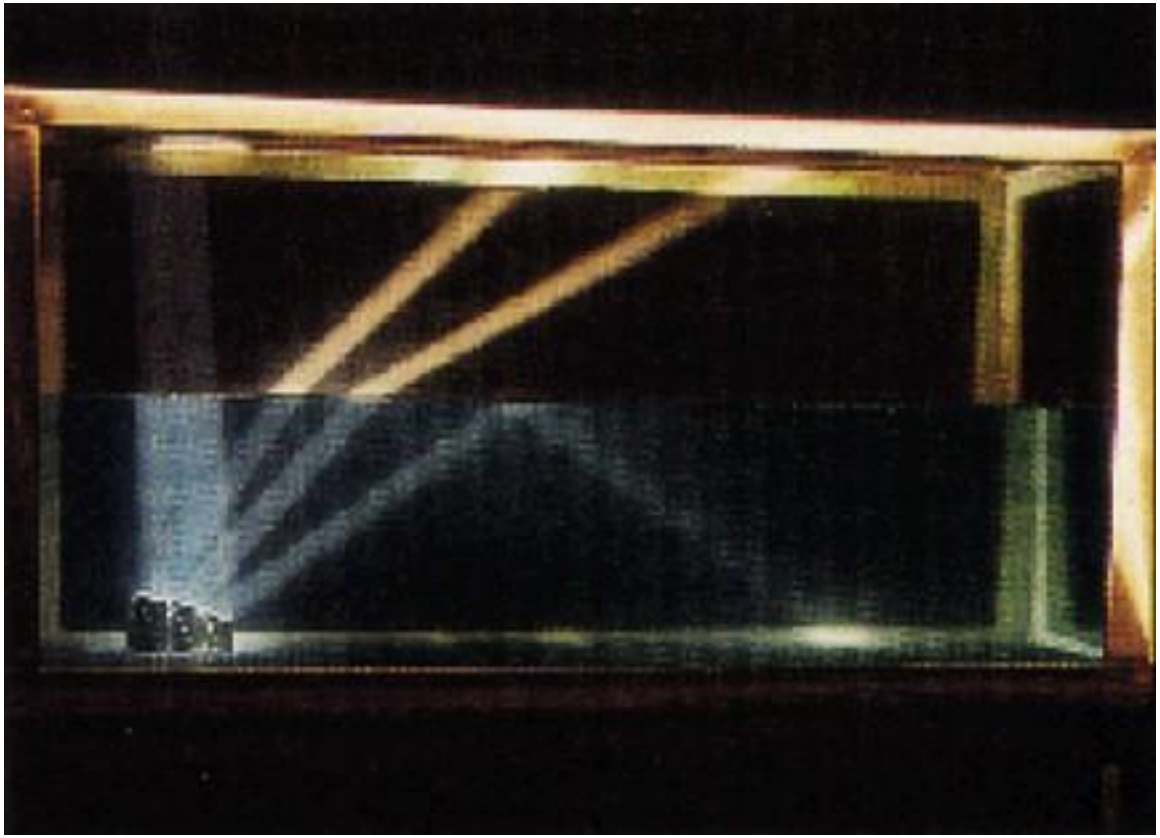
$i_2 = \frac{\pi}{2}, i_1 = i_{пр.}$ → $n_1 \sin i_{пр.} = n_2 \sin \frac{\pi}{2} = n_2$ → $\boxed{\sin i_{пр.} = \frac{n_2}{n_1}}$

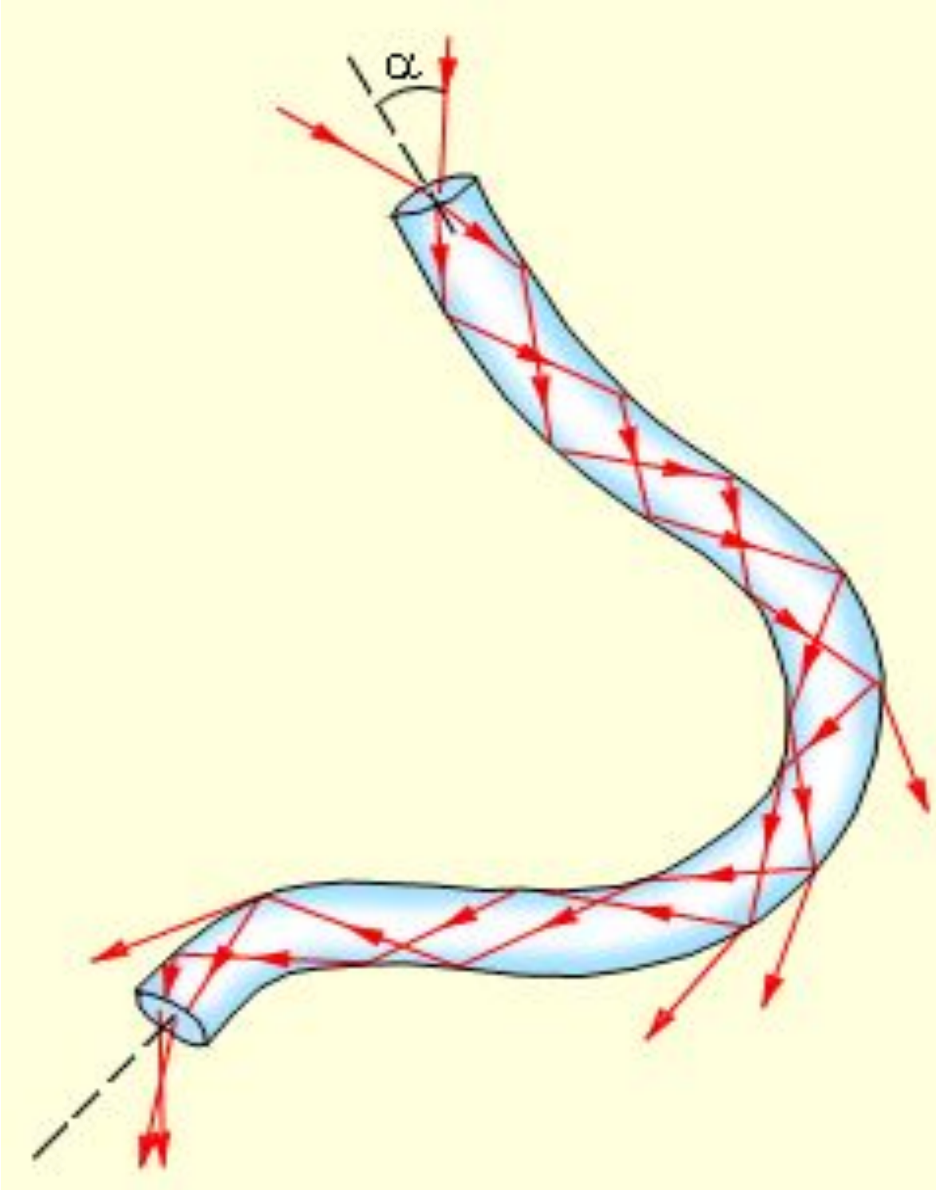
$i_{пр.}$ *- Предельный угол*

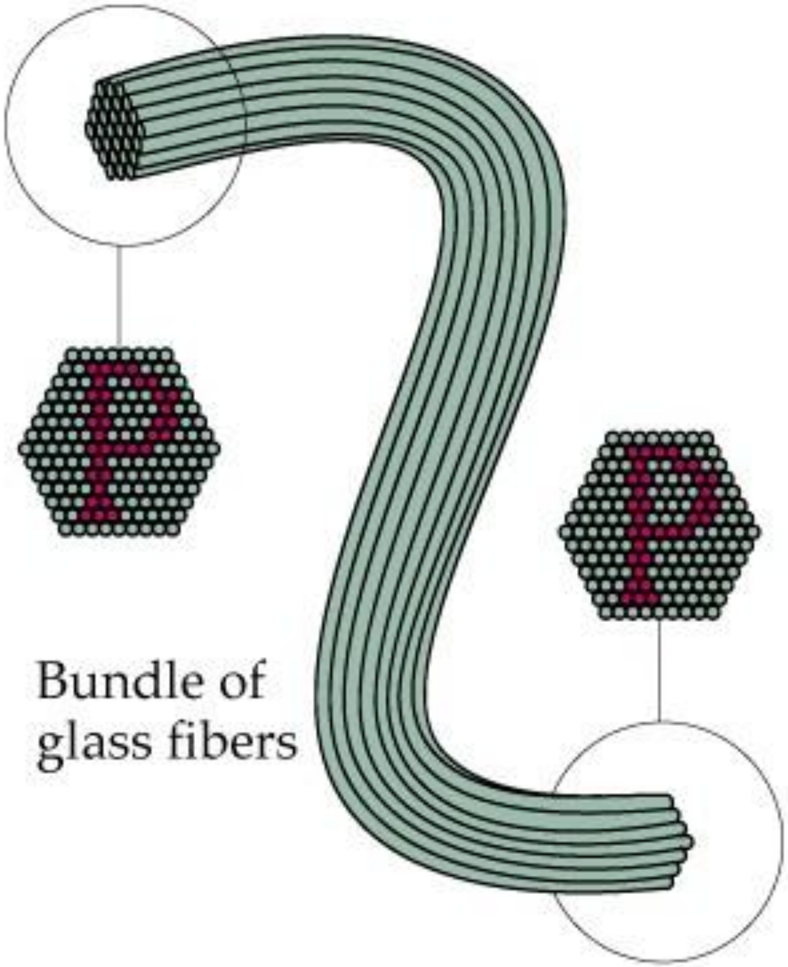
Условие полного внутреннего отражения: → $\boxed{i_1 > i_{пр.}}$



a
b
c
d
e
f
g
воздух
вода
$\alpha_{пр}$
S




α



(b)