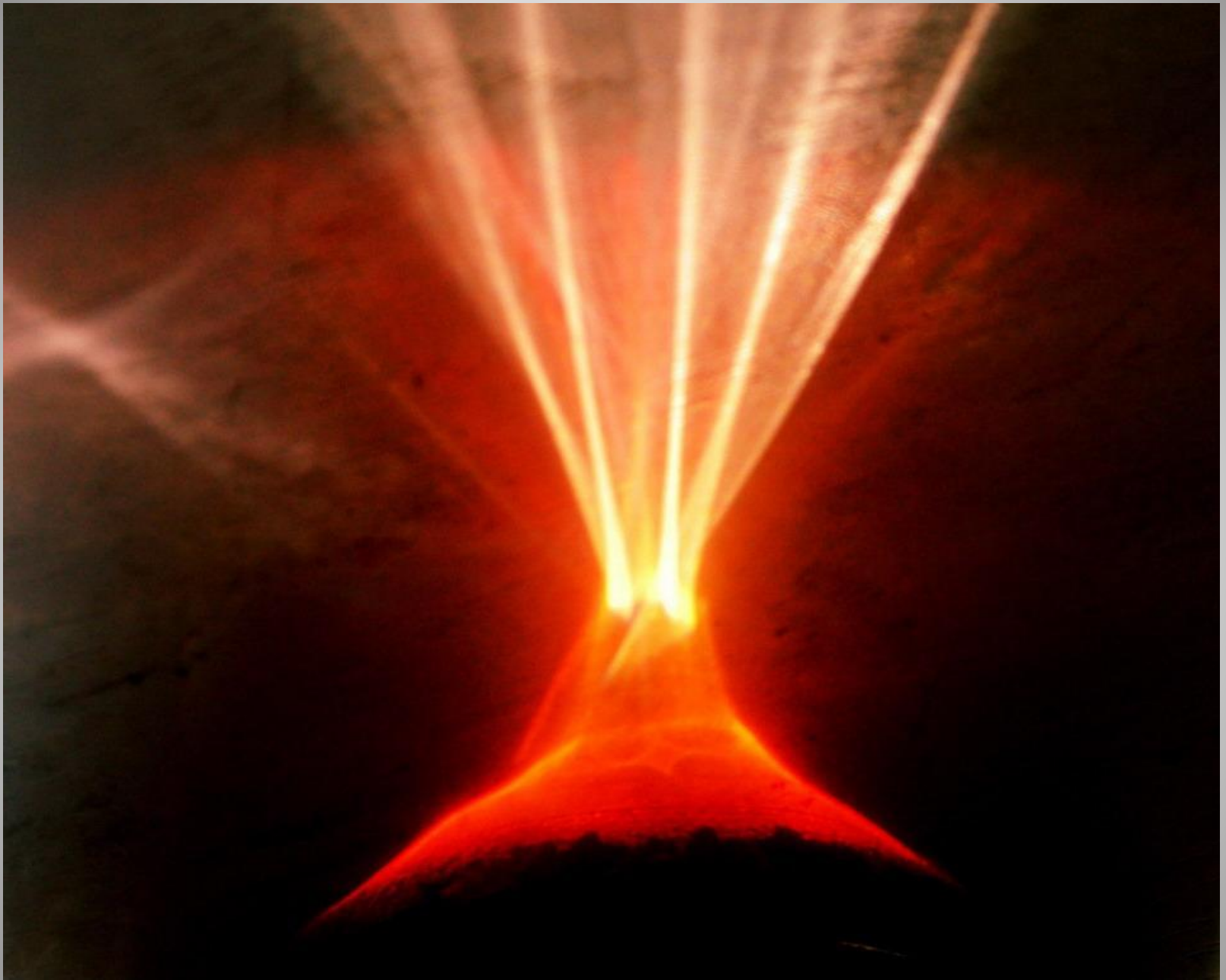


# ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ









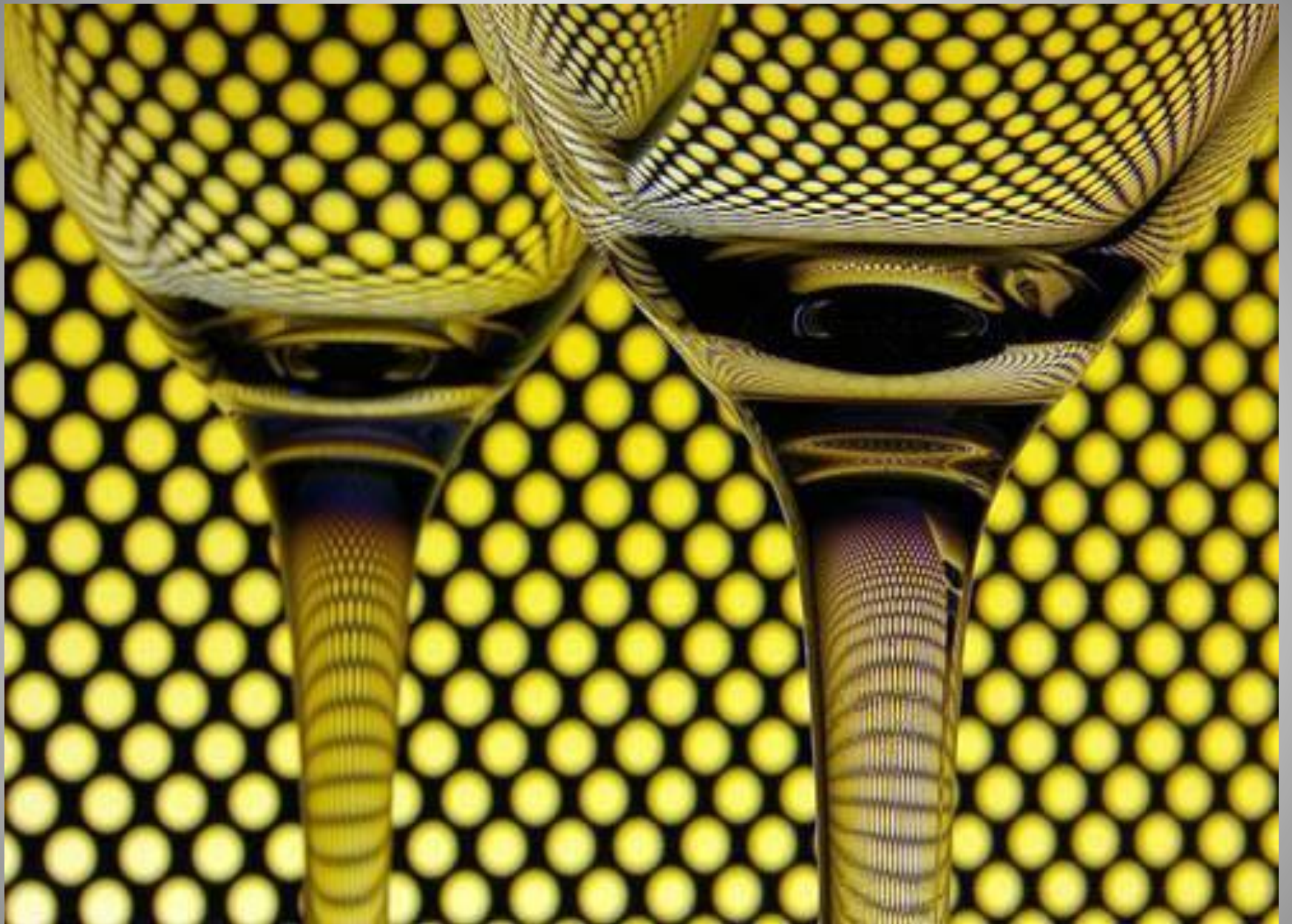




























**ЗАКОН ПРЕЛОМЛЕНИЯ  
СВЕТА**

**ЗАКОН СНЕЛЛИУСА**

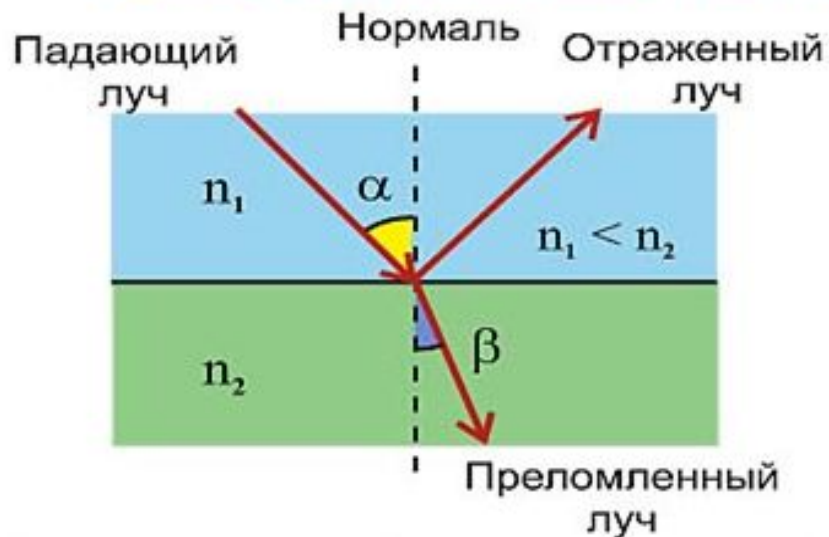


WILLEBRORDUS SNELLIUS  
PROFESSOR MATHESEOS.

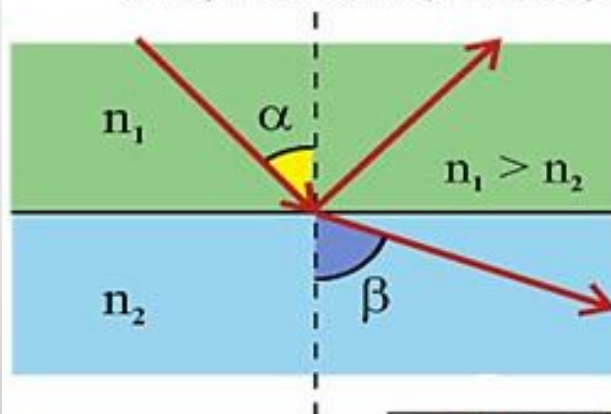


- **Виллеброрд Снелл (Снеллиус)** 1580, Лейден — 30 октября 1626, Лейден) — голландский математик, физик и астроном.
- **Биография**
- Родился в Лейдене в семье профессора математики. В 1613 году стал преемником отца на должности профессора Лейденского университета. Предложил использовать метод подобия треугольников при проведении геодезических измерений, при помощи которого нашёл решение задачи Потенота. В его работе „*Eratosthenes Batavus*“ («Голландский Эратосфен»), опубликованной в 1617 году, описывался метод триангуляции и приводились результаты измерений между городами Берген-Оп-Зомом и Алкмаром дуги меридиана  $1^{\circ}11'30''$ .
- В 1621 году открыл закон преломления света. Однако результаты многочисленных экспериментов по оптике опубликованы не были. Позже они были обнаружены в архивах Рене Декартом, который использовал их при написании своих «Начал философии».

## Закон преломления света



Падающий и преломленный лучи лежат в одной плоскости с нормалью к границе раздела в точке падения



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21}$$

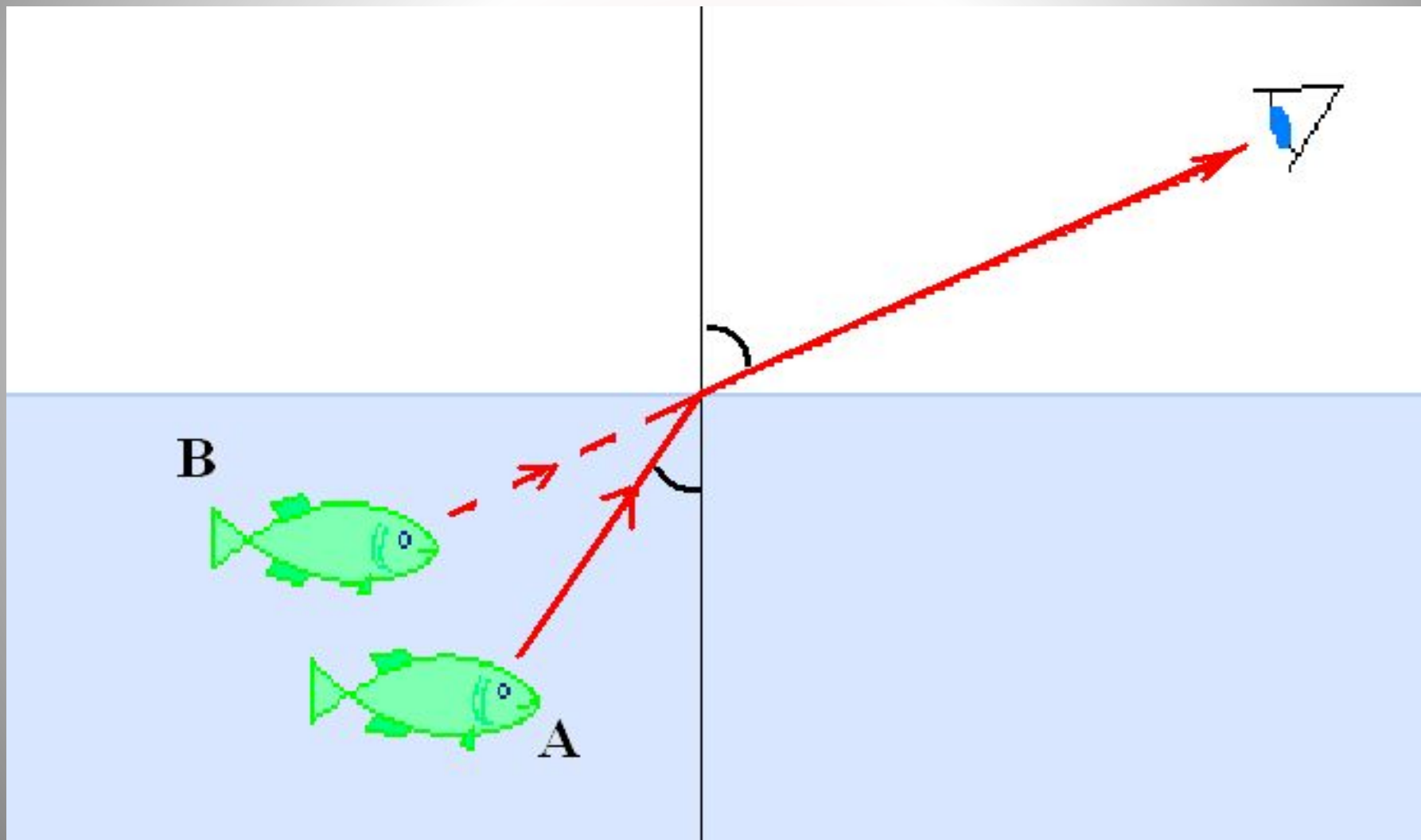
$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad n_2 = \frac{c}{v_2}$$

среда	n
воздух	1,0003
вода	1,33
стекло	1,4 - 1,6
алмаз	2,42

- Почему ноги человека, зашедшего в воду, кажутся короче? Дно реки мы видим ближе к поверхности, чем есть в действительности. Стебель цветка в вазе, ложка в стакане на уровне поверхности воды кажутся переломленными.



# Истинное (А) и кажущееся (В) положение рыбы





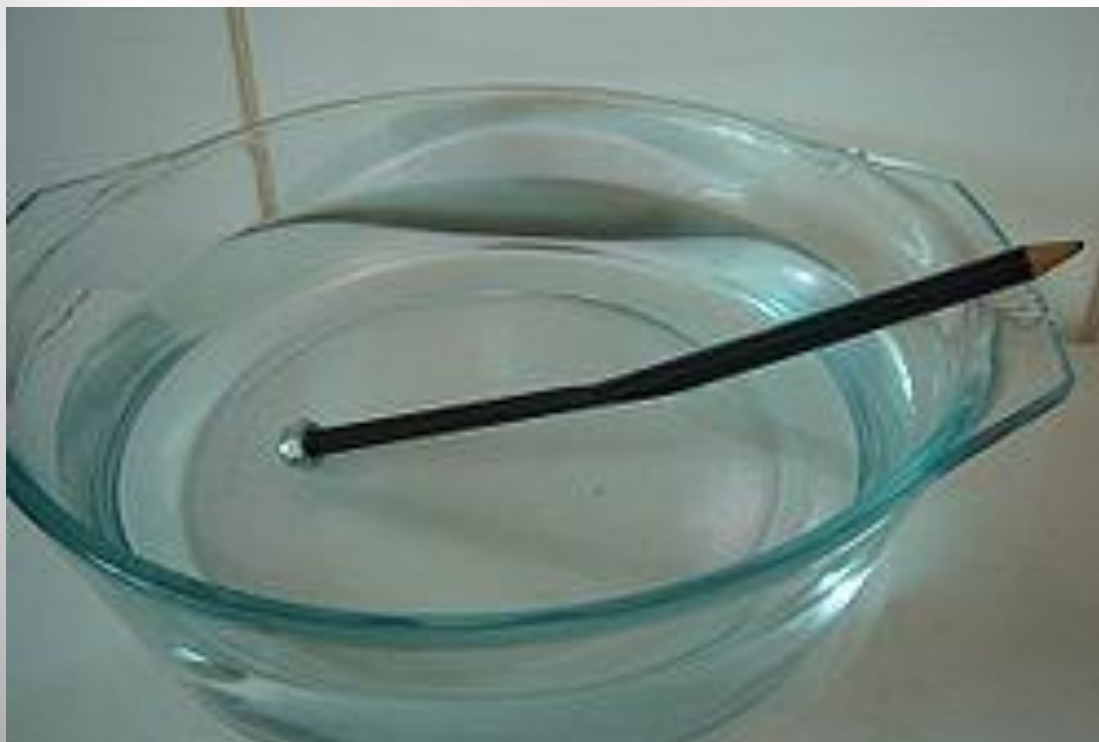
• **Изменение направления распространения света при переходе его через границу раздела двух сред называется преломлением.**

Угол  $\beta$  между перпендикуляром к границе раздела двух сред, проведённым через точку падения, и преломлённым луч называется углом преломления.

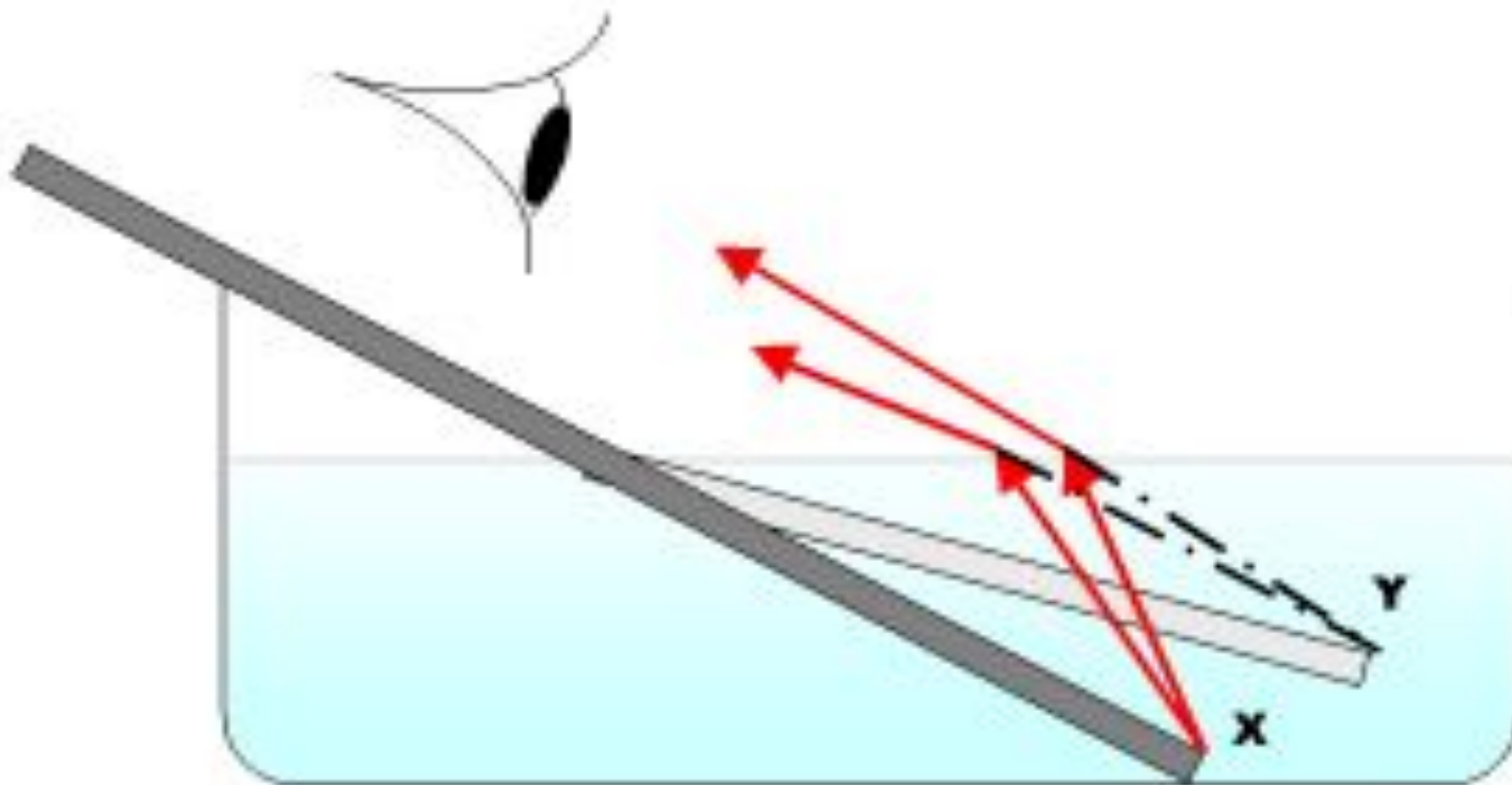
Сравнив углы  $\alpha$  и  $\beta$ , мы видим, что угол преломления  $\beta$  меньше угла падения  $\alpha$ . Если стеклянную пластинку заменить водой, то угол преломления в воде будет несколько больше, чем в стекле, но меньше угла падения:  $\beta < \alpha$ .



Кажущееся преломление прямых  
предметов косо пересекающих границу  
раздела сред с разной оптической  
плотностью

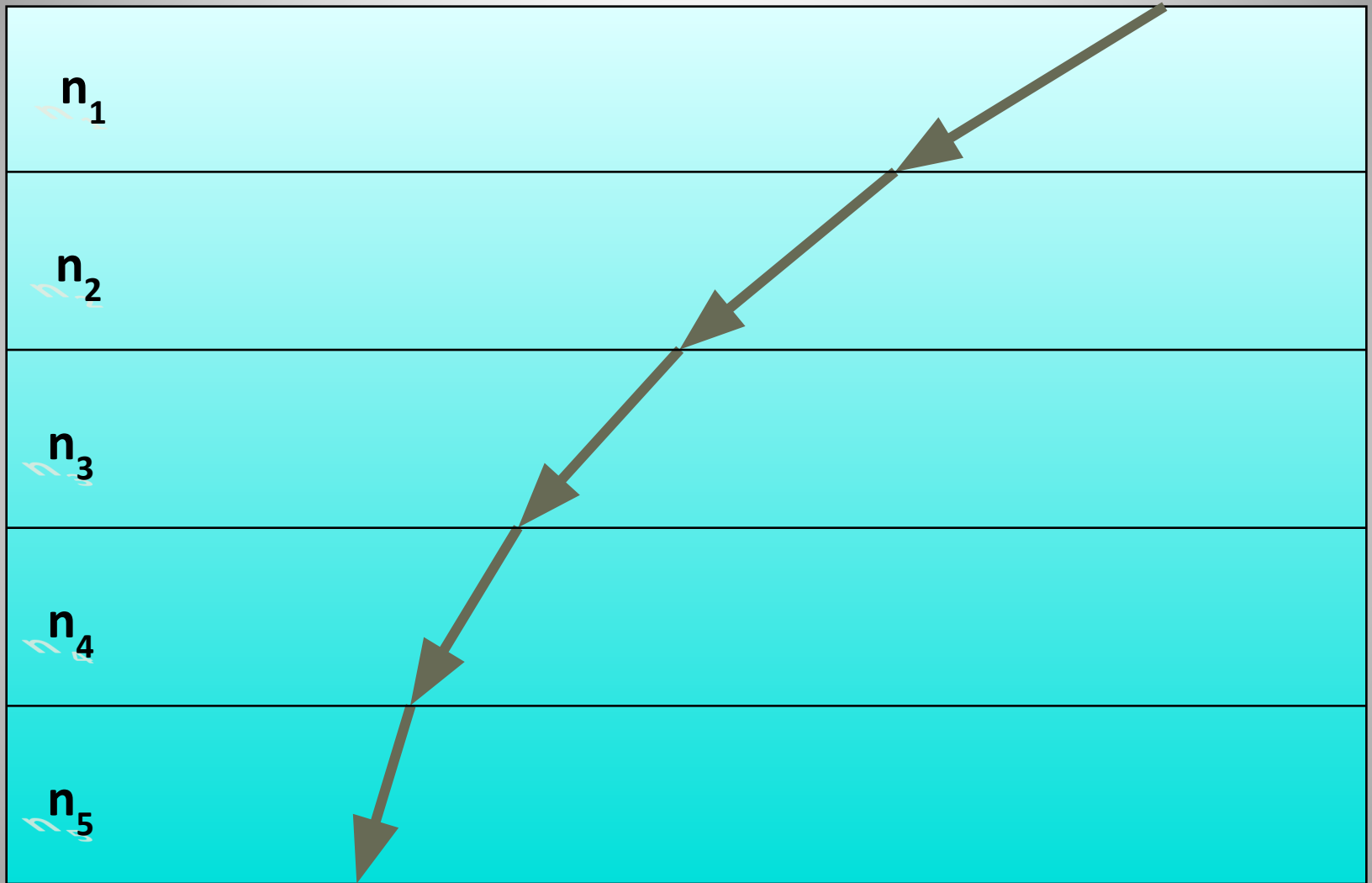


# «Сломанный карандаш»



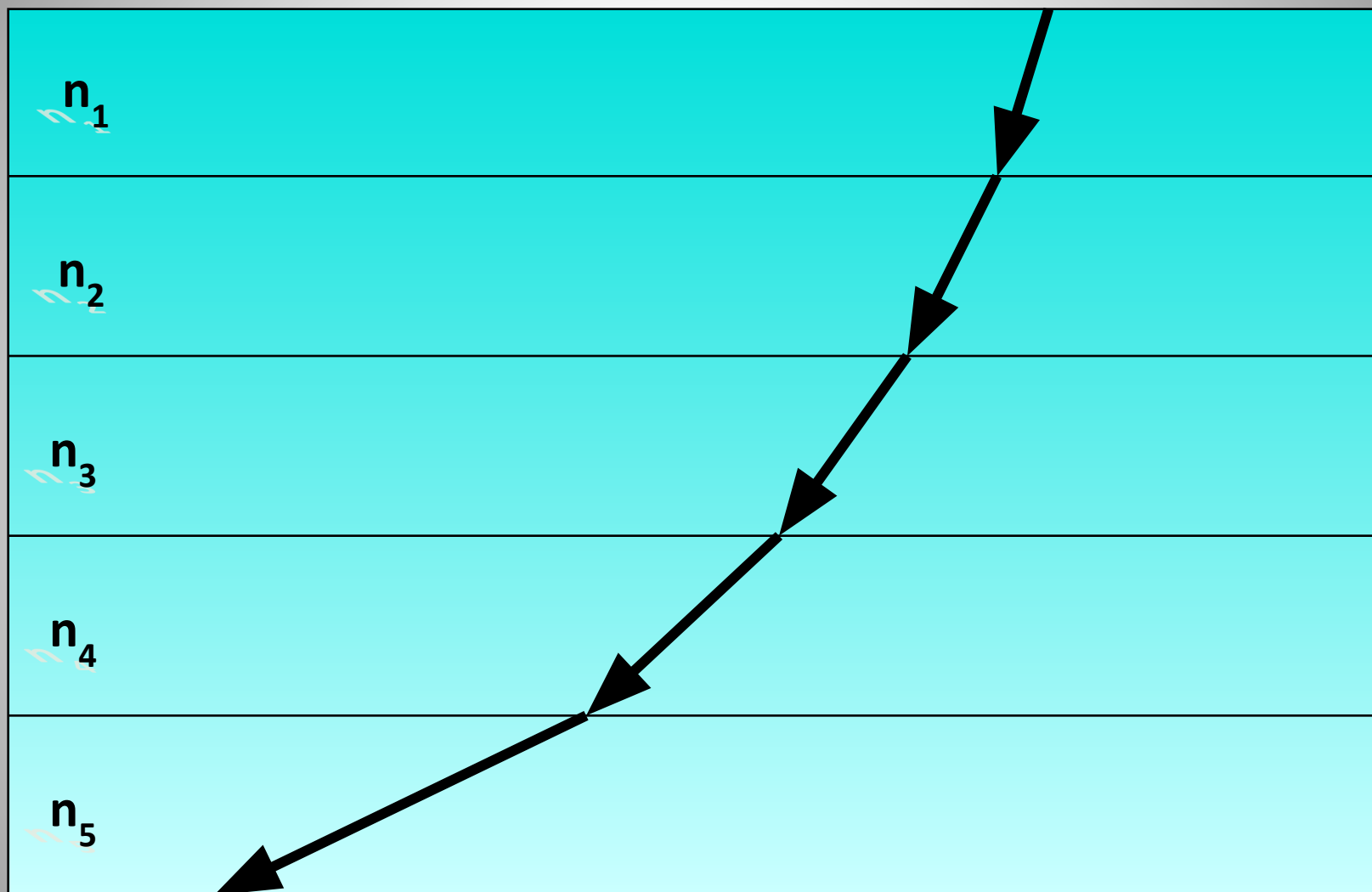
Рефракция – отклонение света  
от прямолинейного  
распространения в оптически  
неоднородной среде

# Ход луча в оптически неоднородной среде



$$n_1 < n_2 < n_3 < n_4 < n_5$$

# Ход луча в оптически неоднородной среде

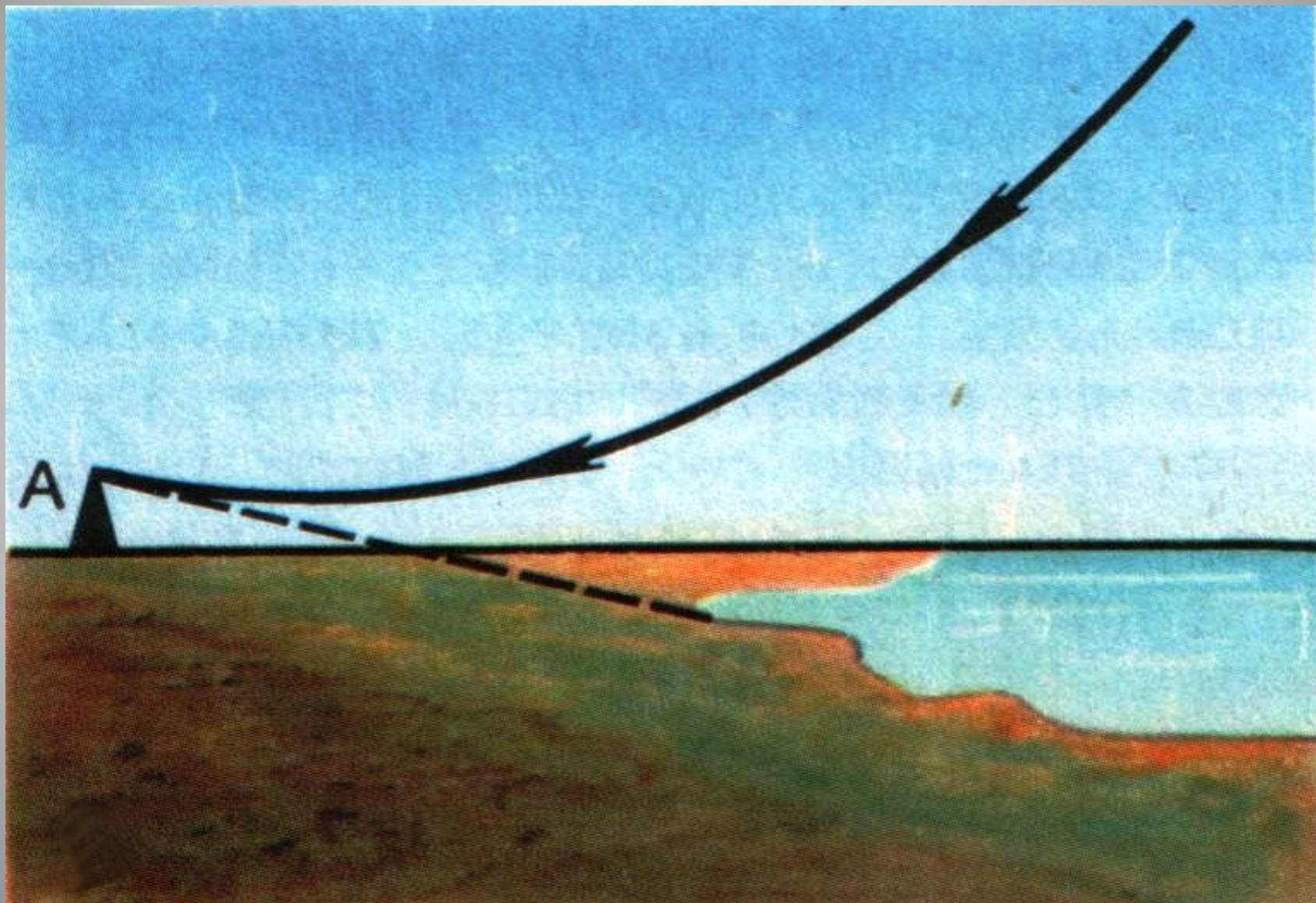


$$n_1 > n_2 > n_3 > n_4 > n_5$$

# «Озерный» мираж

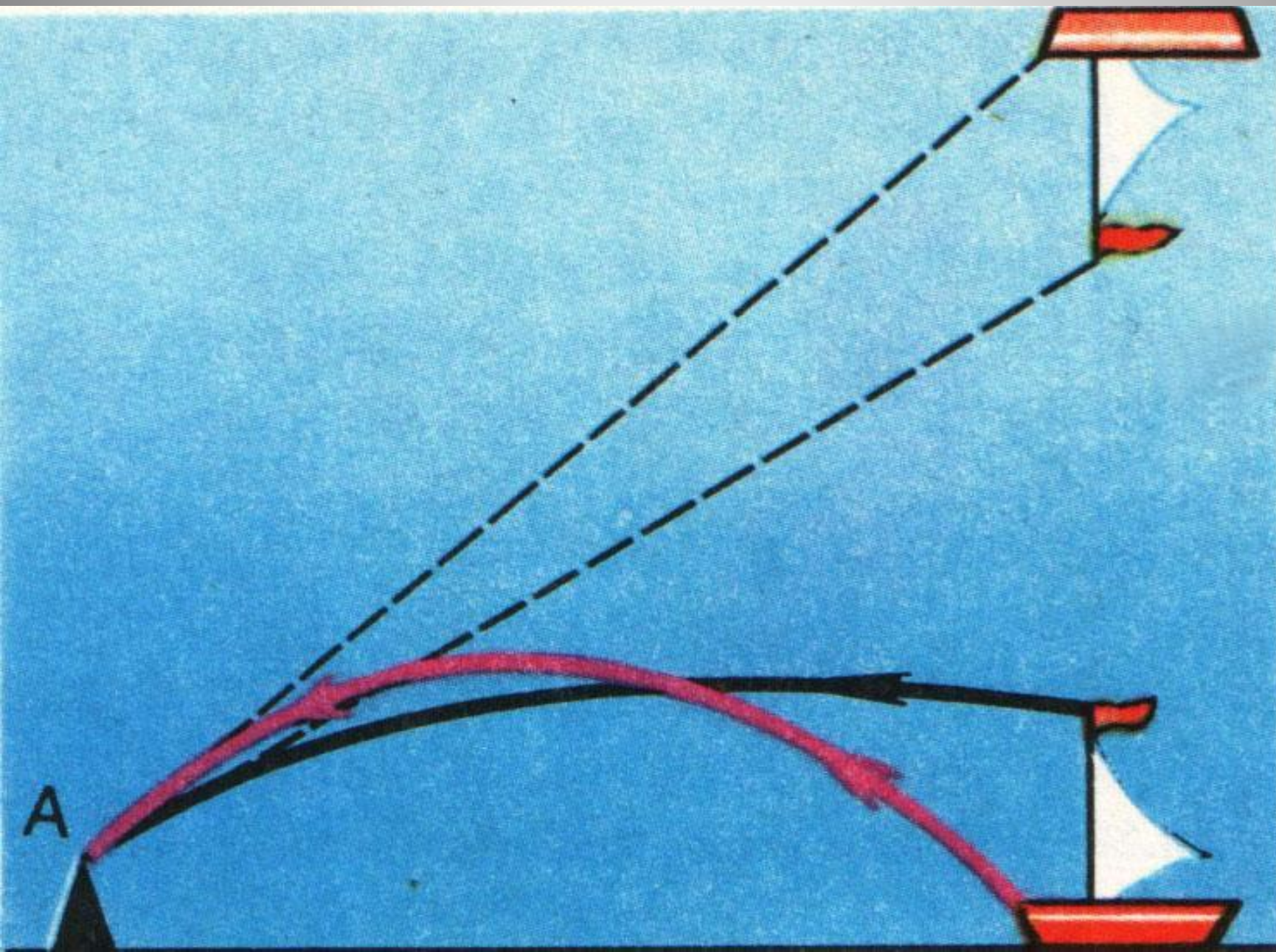


# Нижний («озерный») мираж

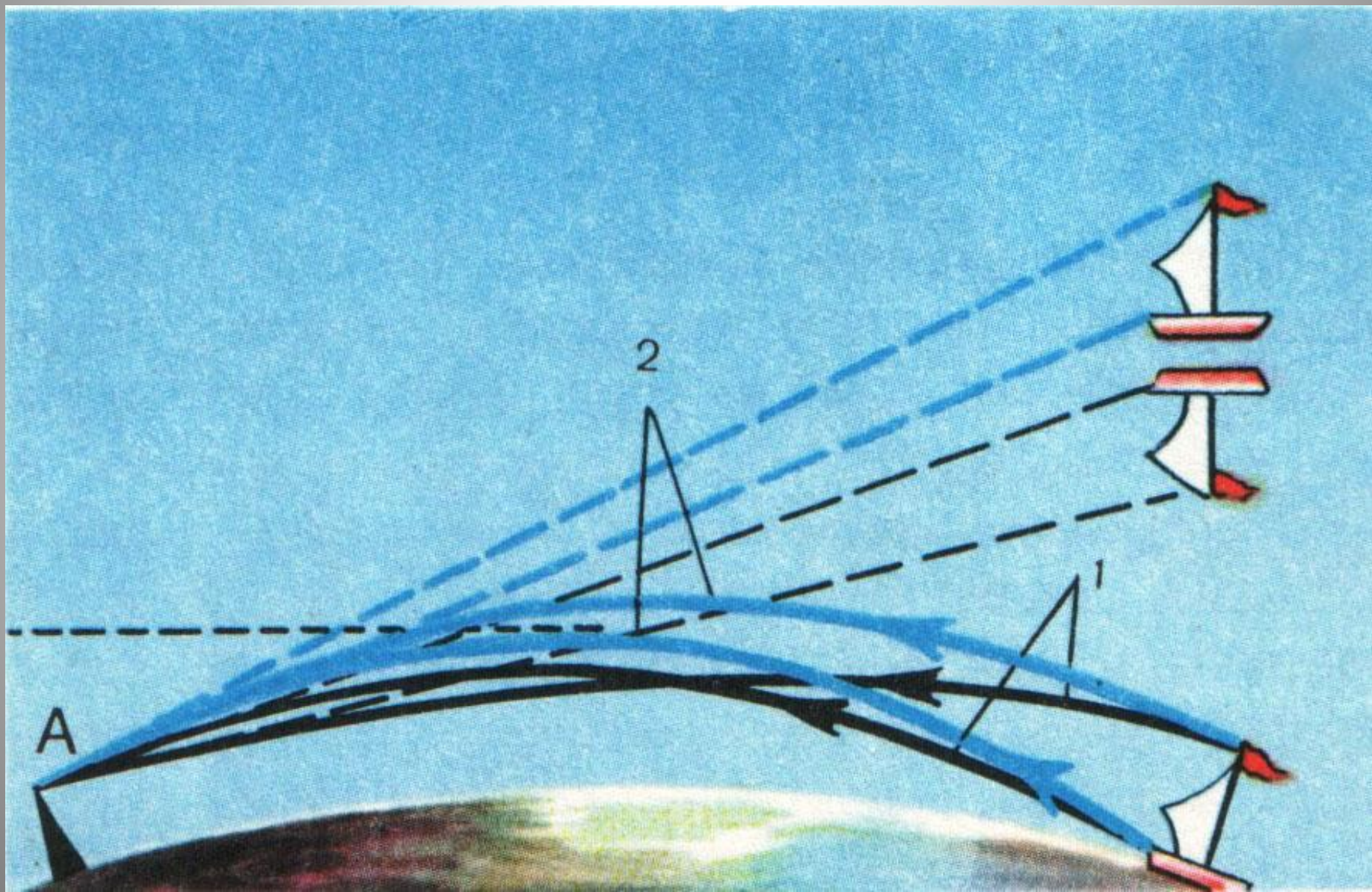




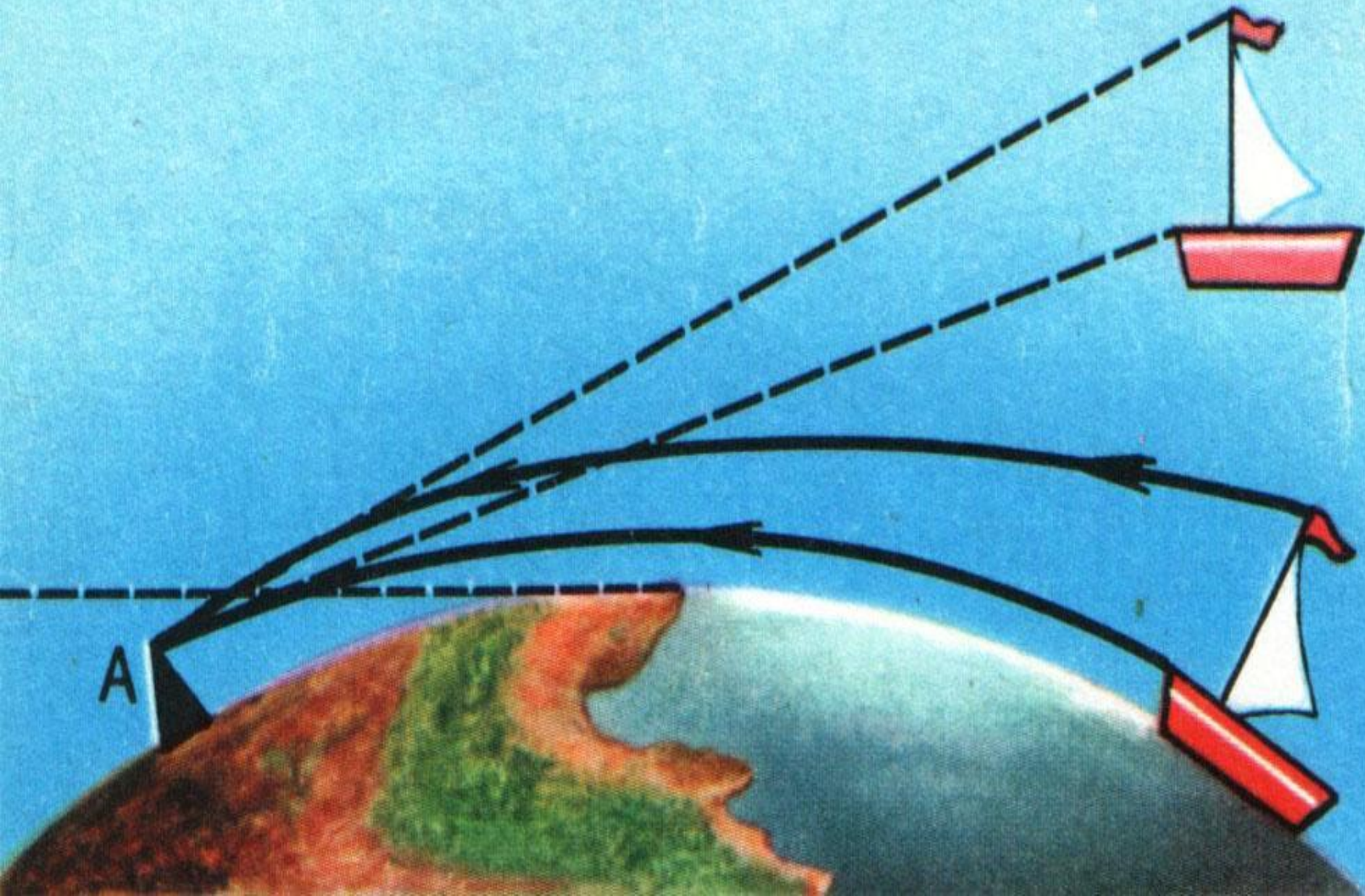
# Верхний мираж



# Двойной мираж



# Мираж сверхдальнего видения

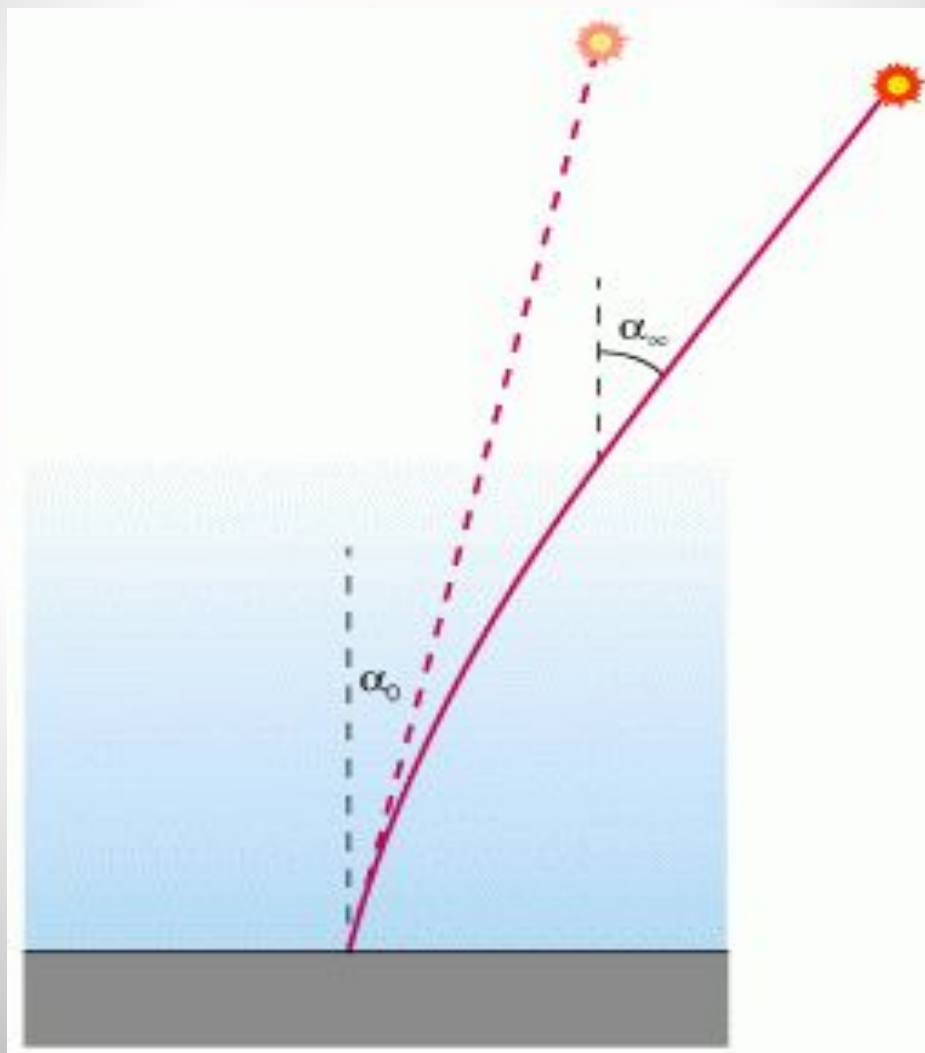


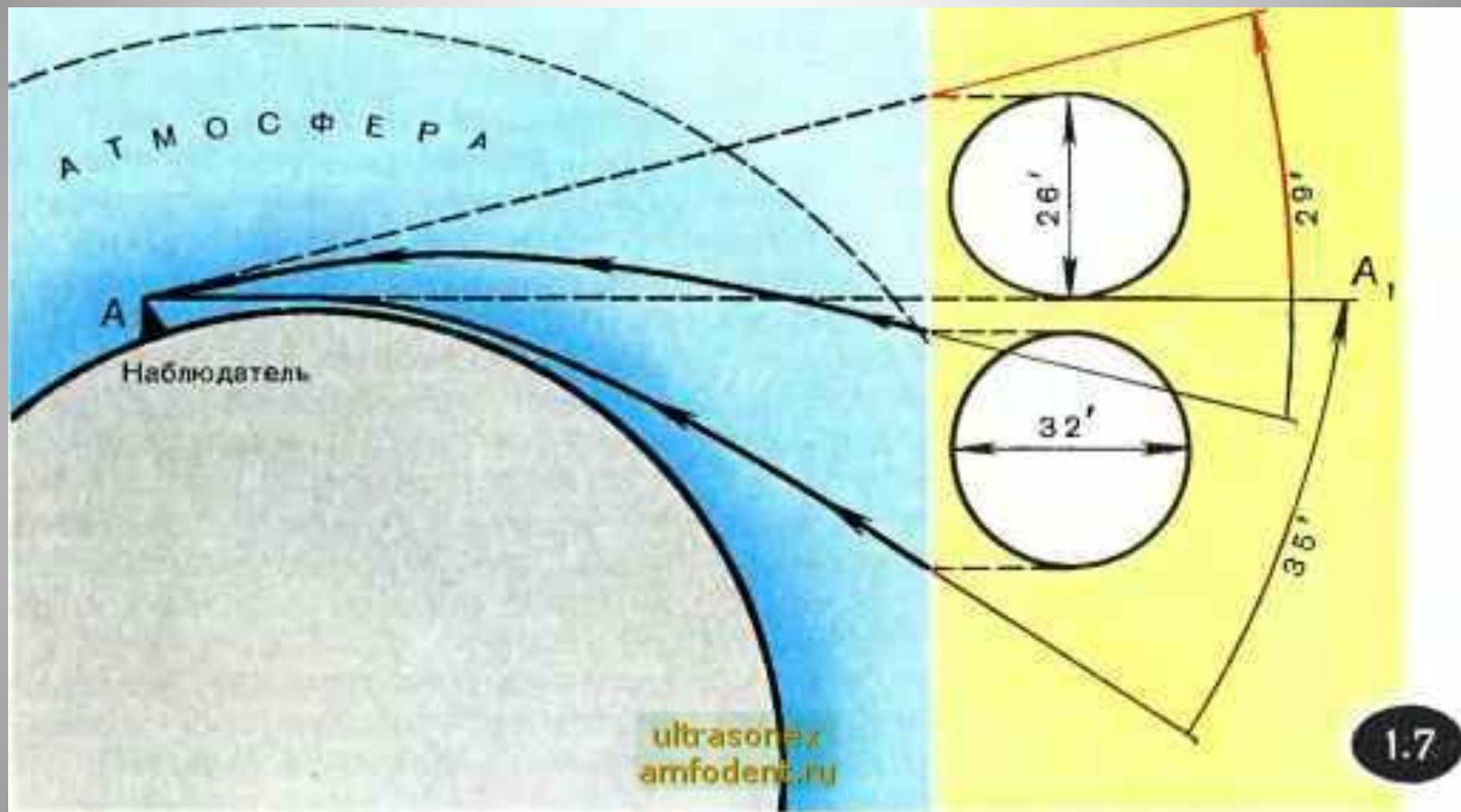




**7 мая 2006 года. Мираж над побережьем  
восточно-китайского города Пенглай.**

# ВЫСОТА СВЕТИЛА НАД ГОРИЗОНТОМ







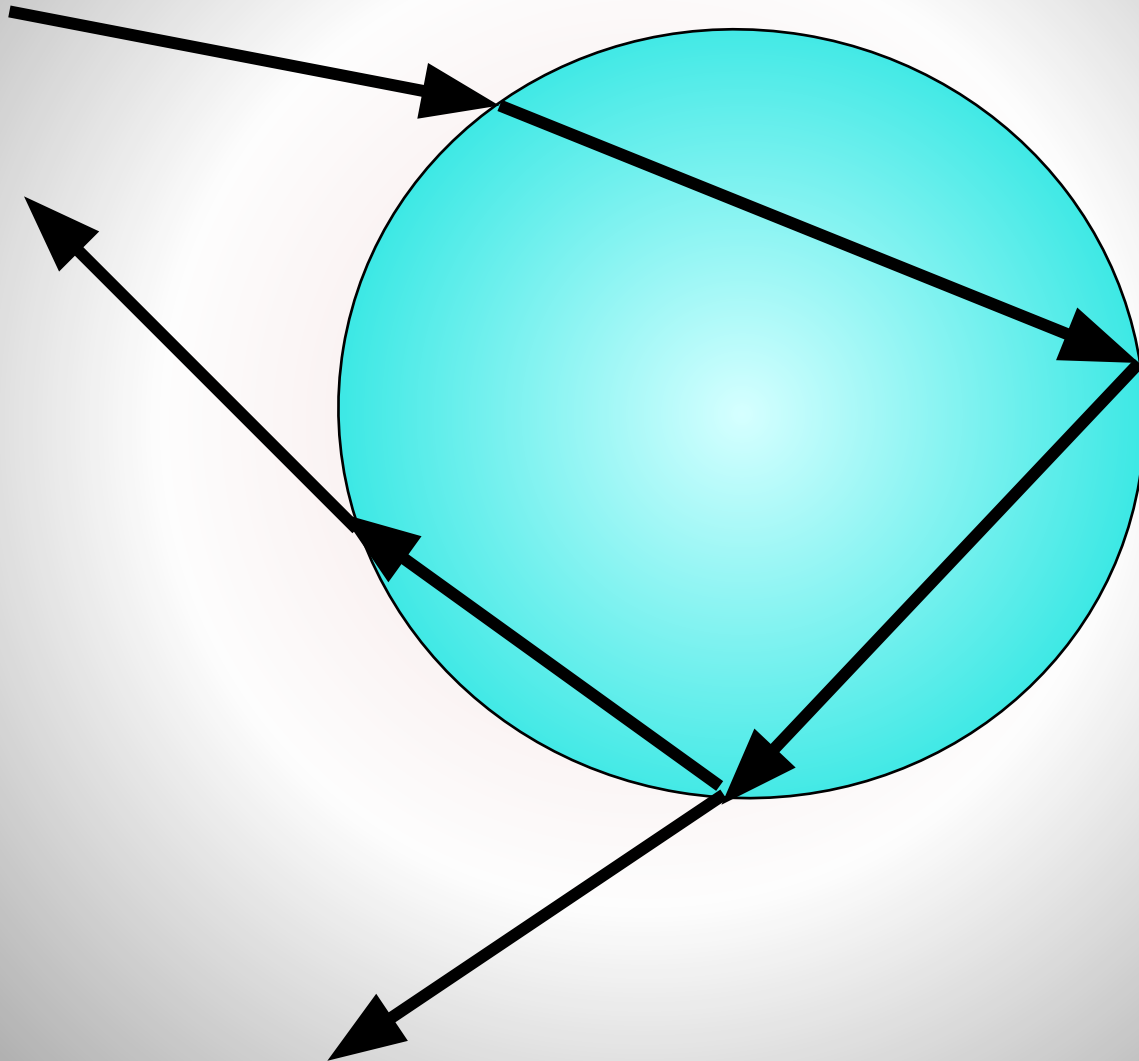




РАДУГА



# Ход лучей в капле дождя



# Цвета радуги

**КАК**

**ОДНАЖДЫ**

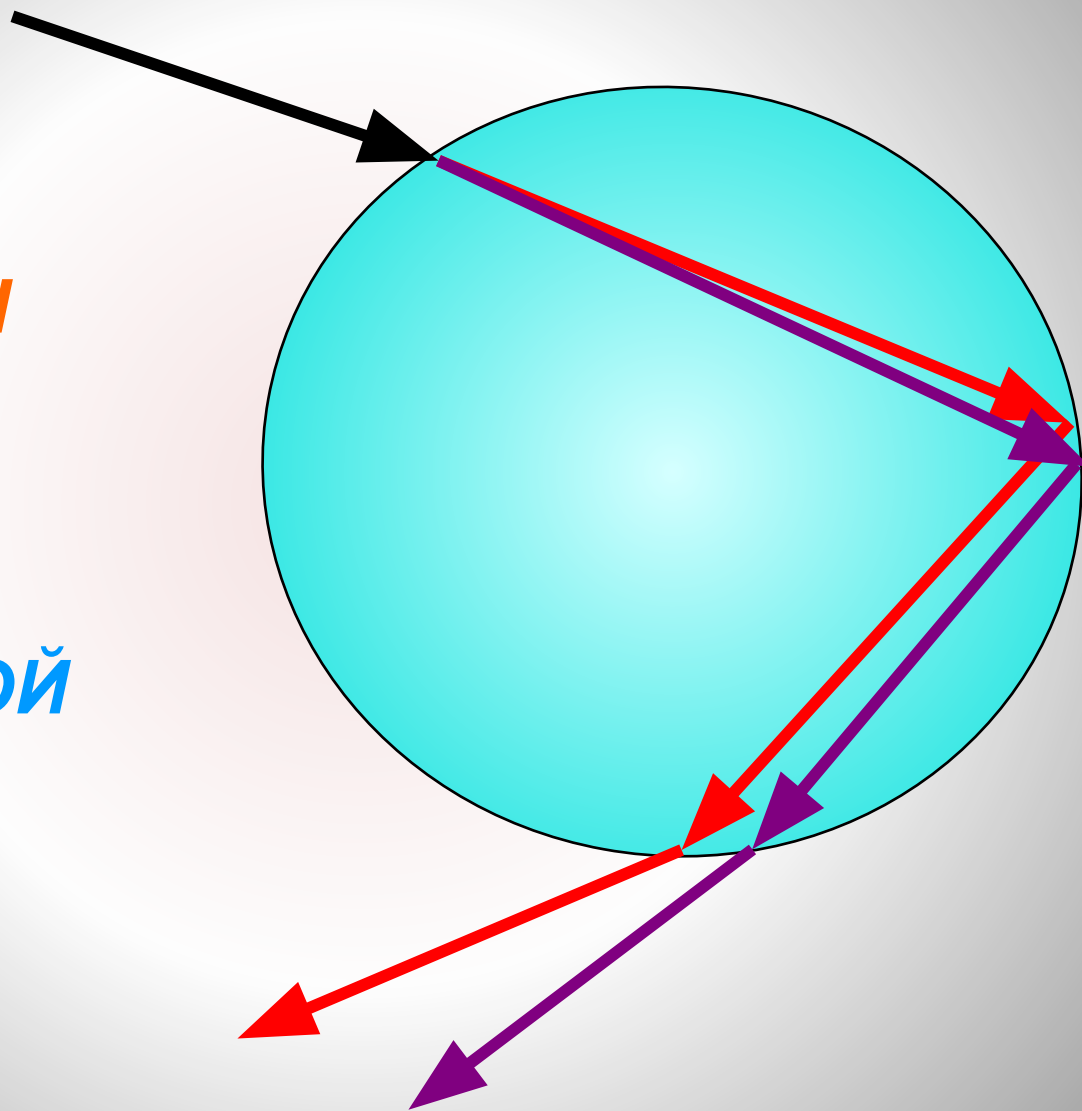
**ЖАК**

**ЗВОНАРЬ**

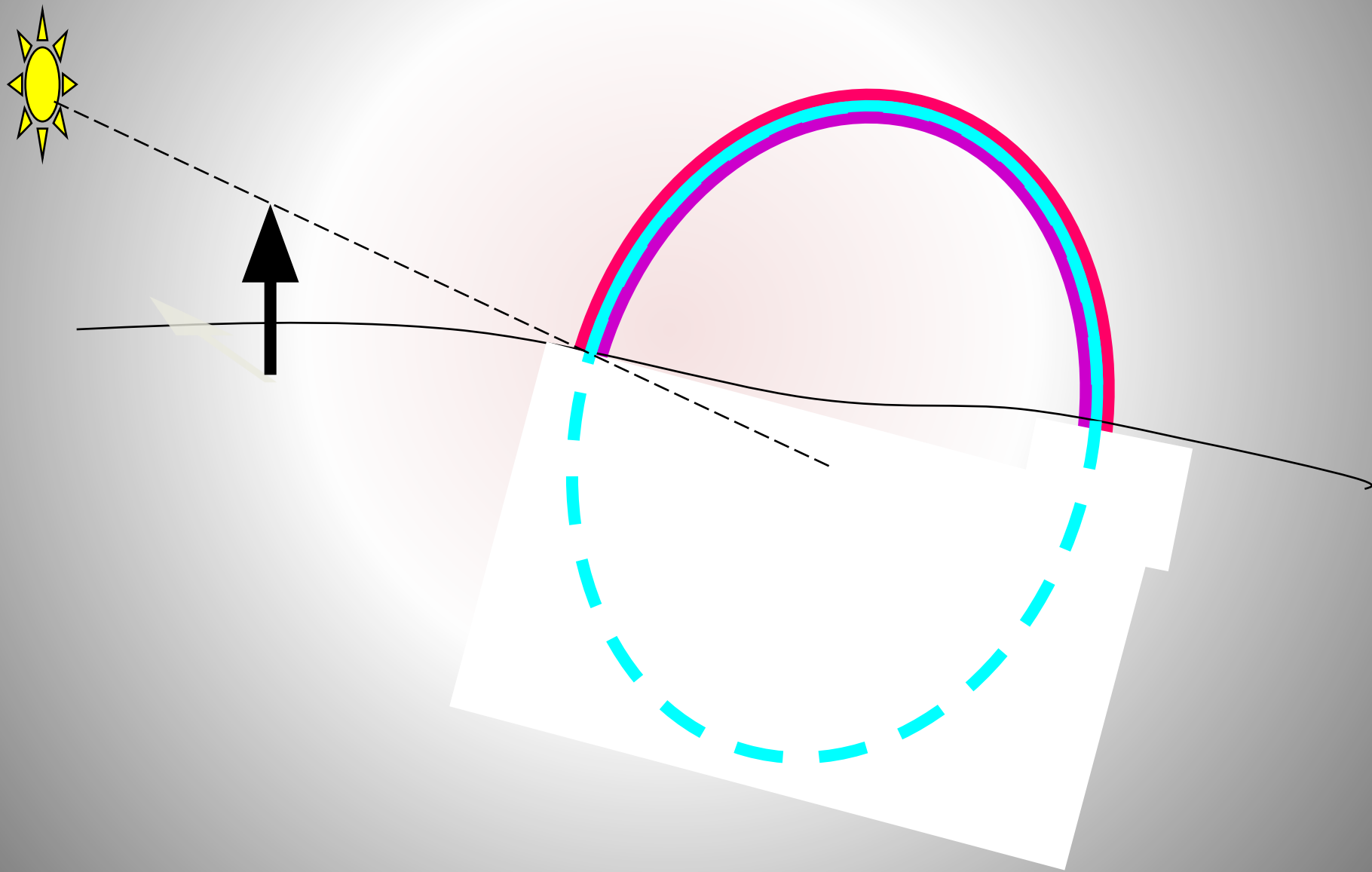
**ГОРОДСКОЙ**

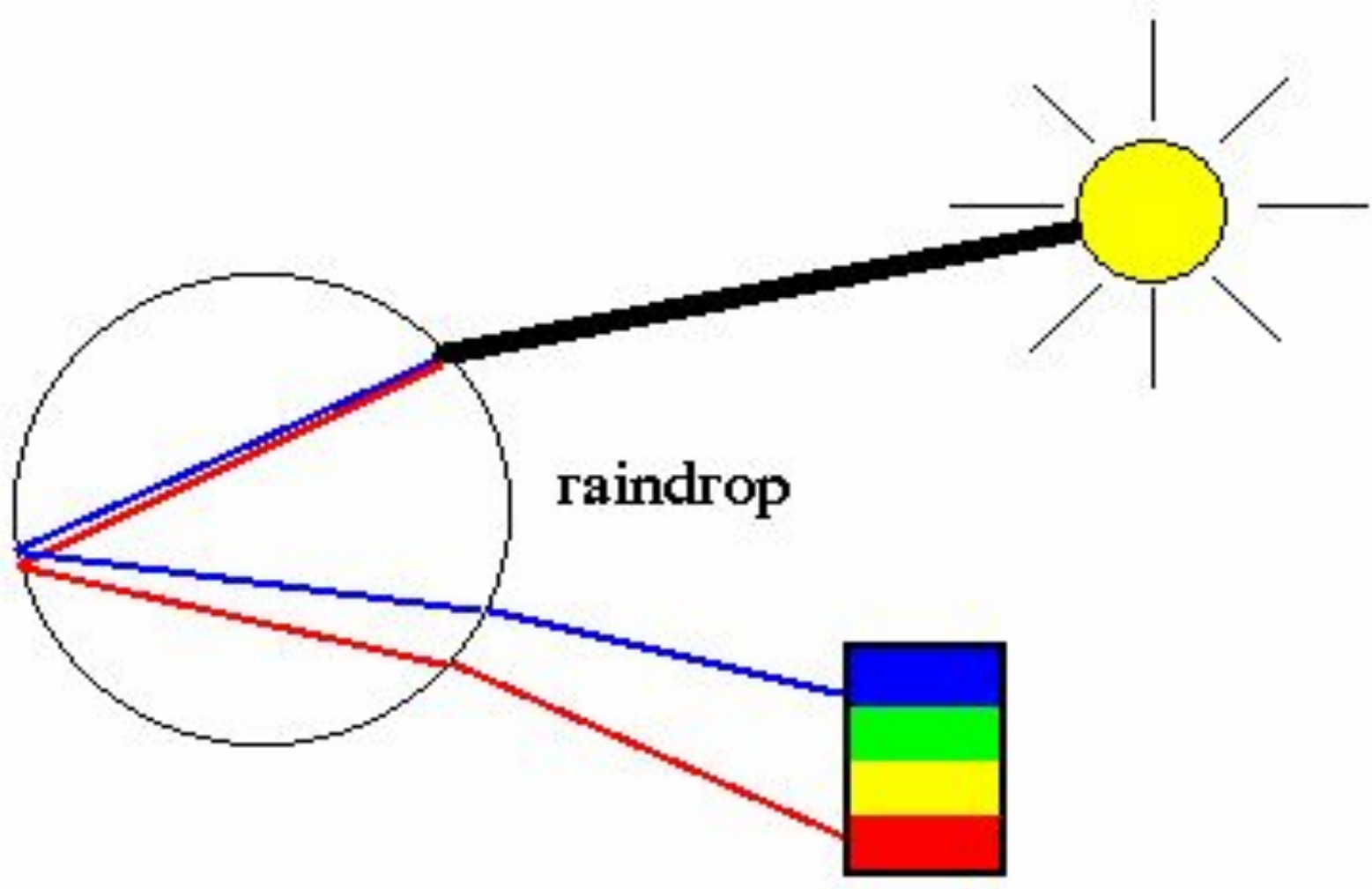
**СЛОМАЛ**

**ФОНАРЬ**



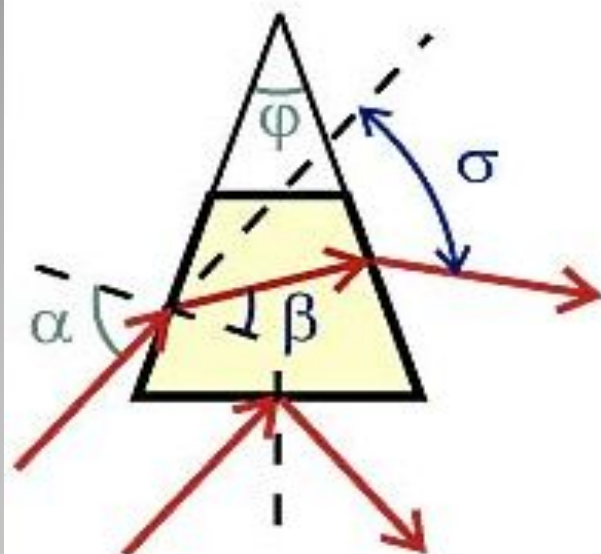
# Радуга глазами наблюдателя



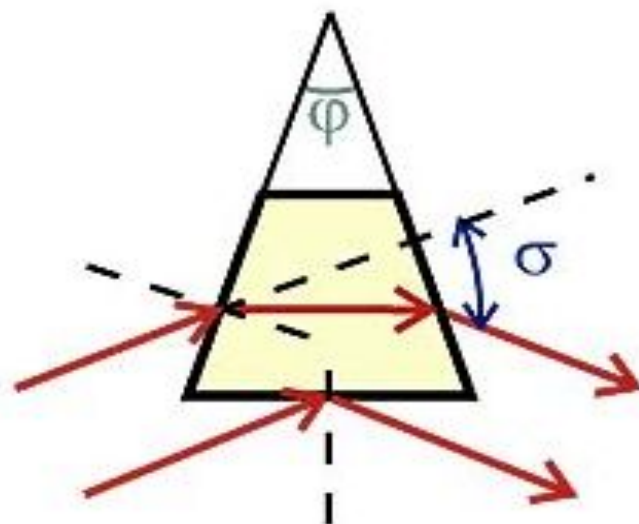


# ХОД ЛУЧЕЙ В ТРЕУГОЛЬНОЙ ПРИЗМЕ

### Несимметричный ход



### Симметричный ход



$\varphi$  - преломляющий угол призмы

$\sigma$  - угол отклонения

$\alpha$  - угол падения

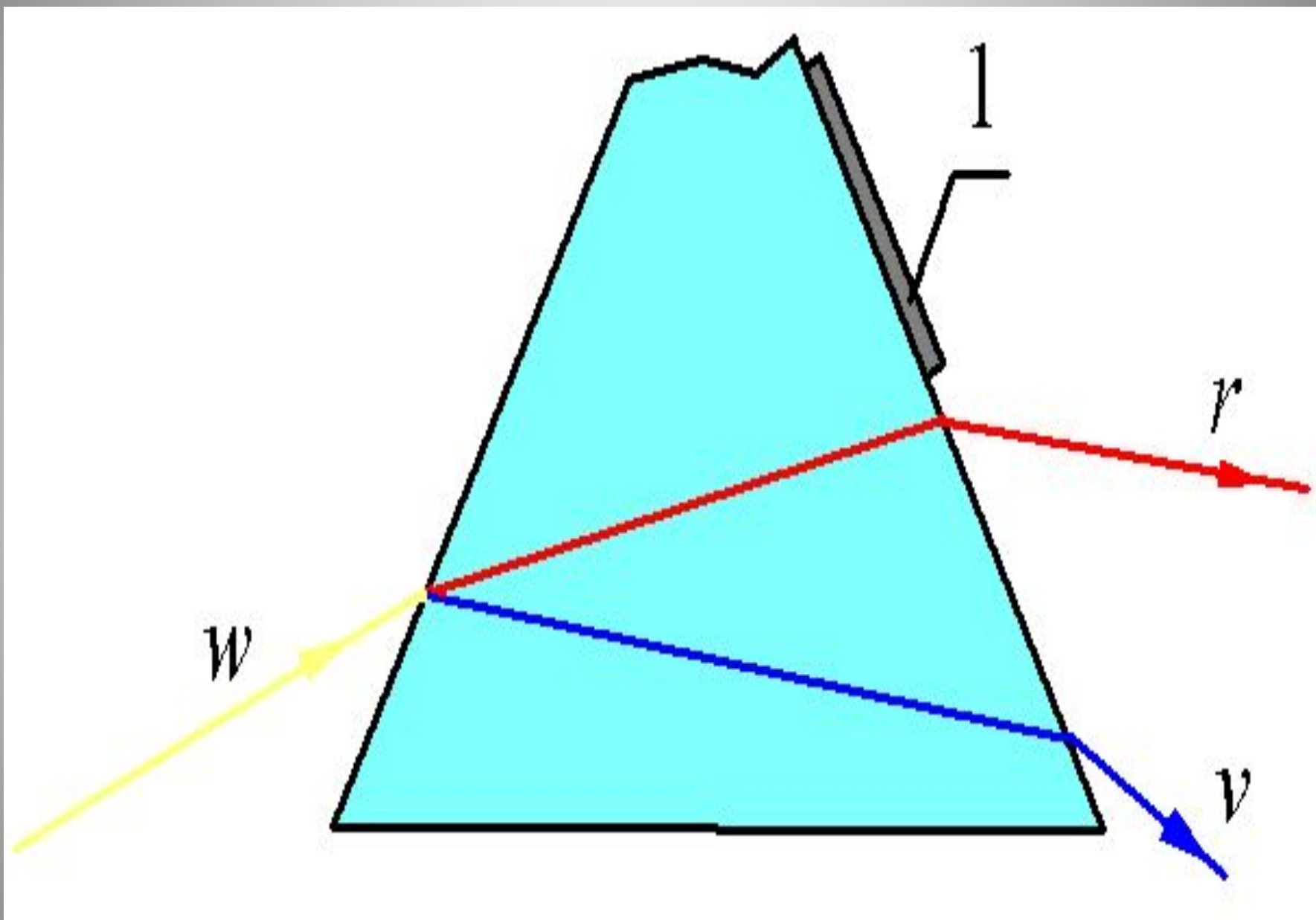
$\beta$  - угол преломления

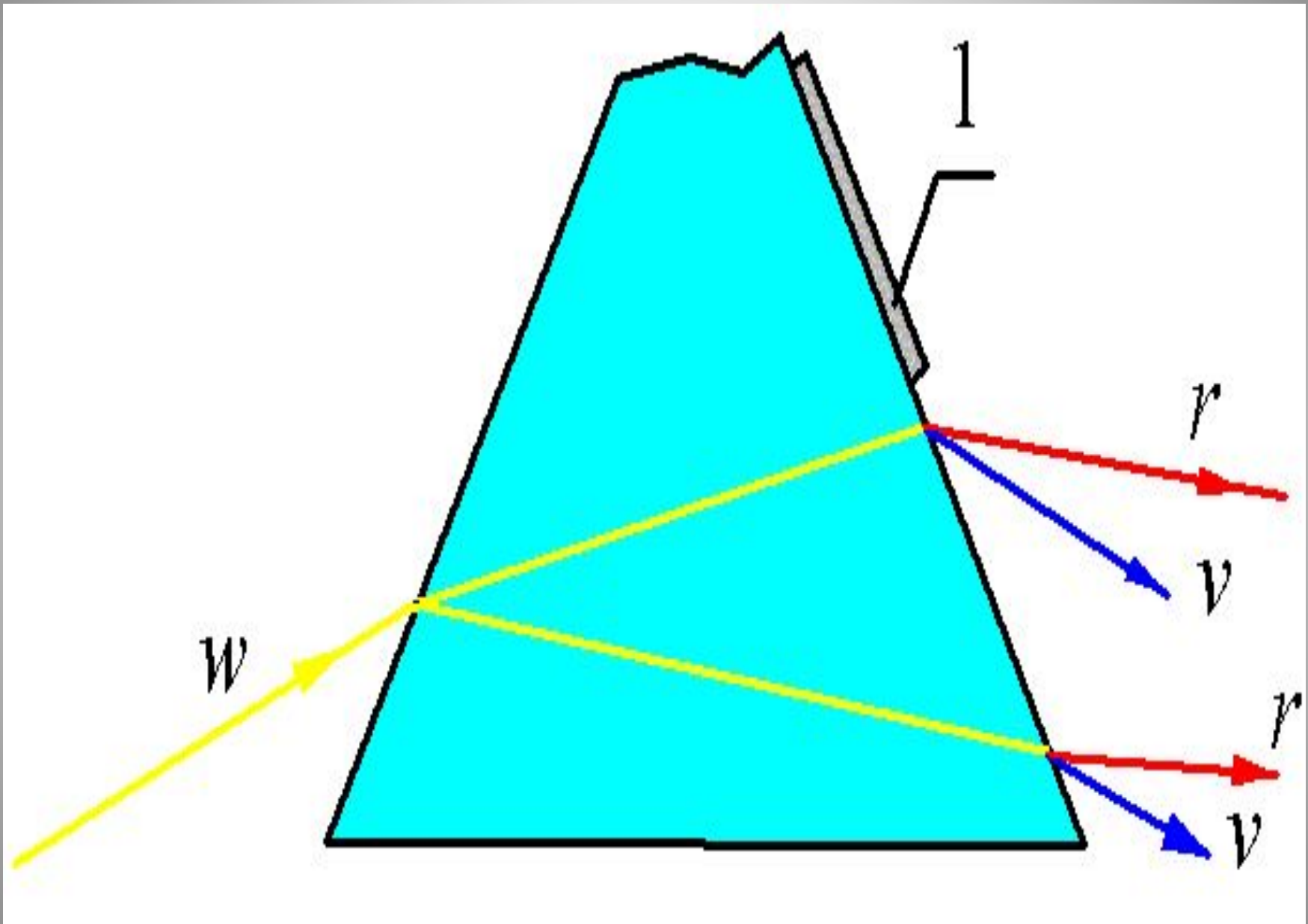
$n$  - показатель преломления призмы

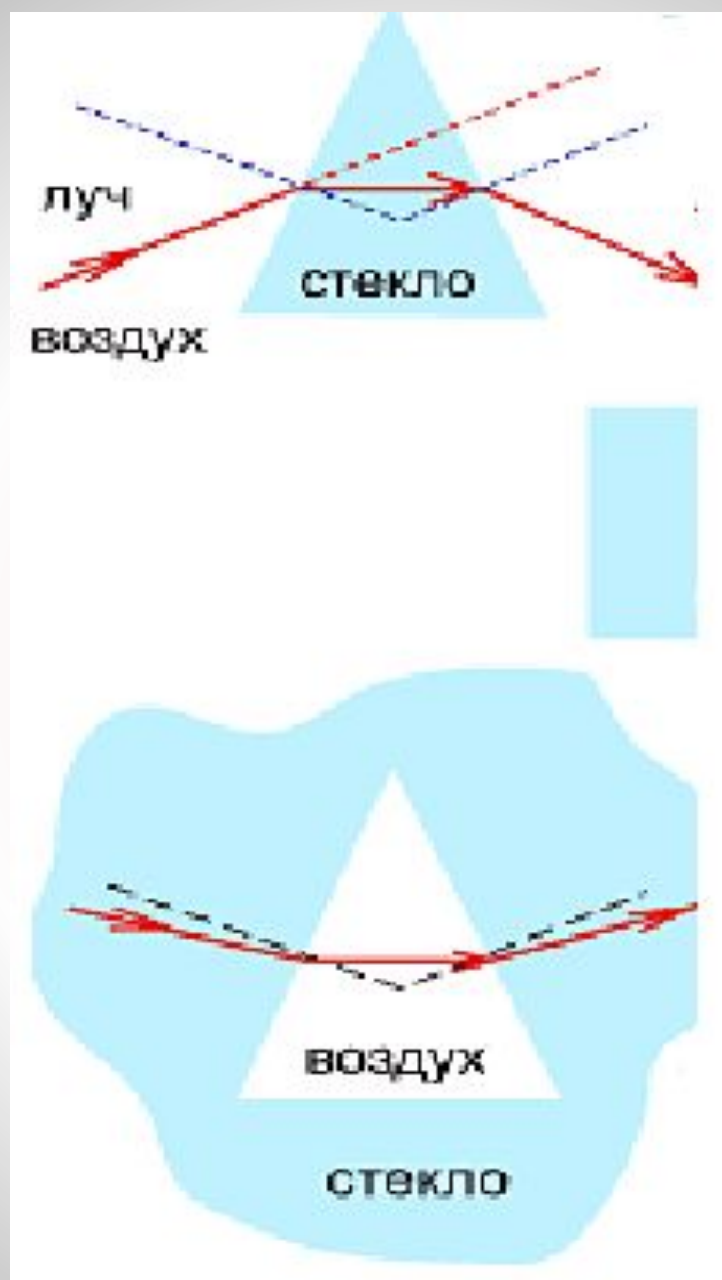
$$\operatorname{tg}\left(\beta - \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \frac{\operatorname{tg}\left(\alpha - \frac{\sigma + \varphi}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\sigma + \varphi}{2}\right)} \quad (1)$$

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2}(\sigma + \varphi)}{\sin \frac{\varphi}{2}} \quad (2)$$









# ГАЛЛО



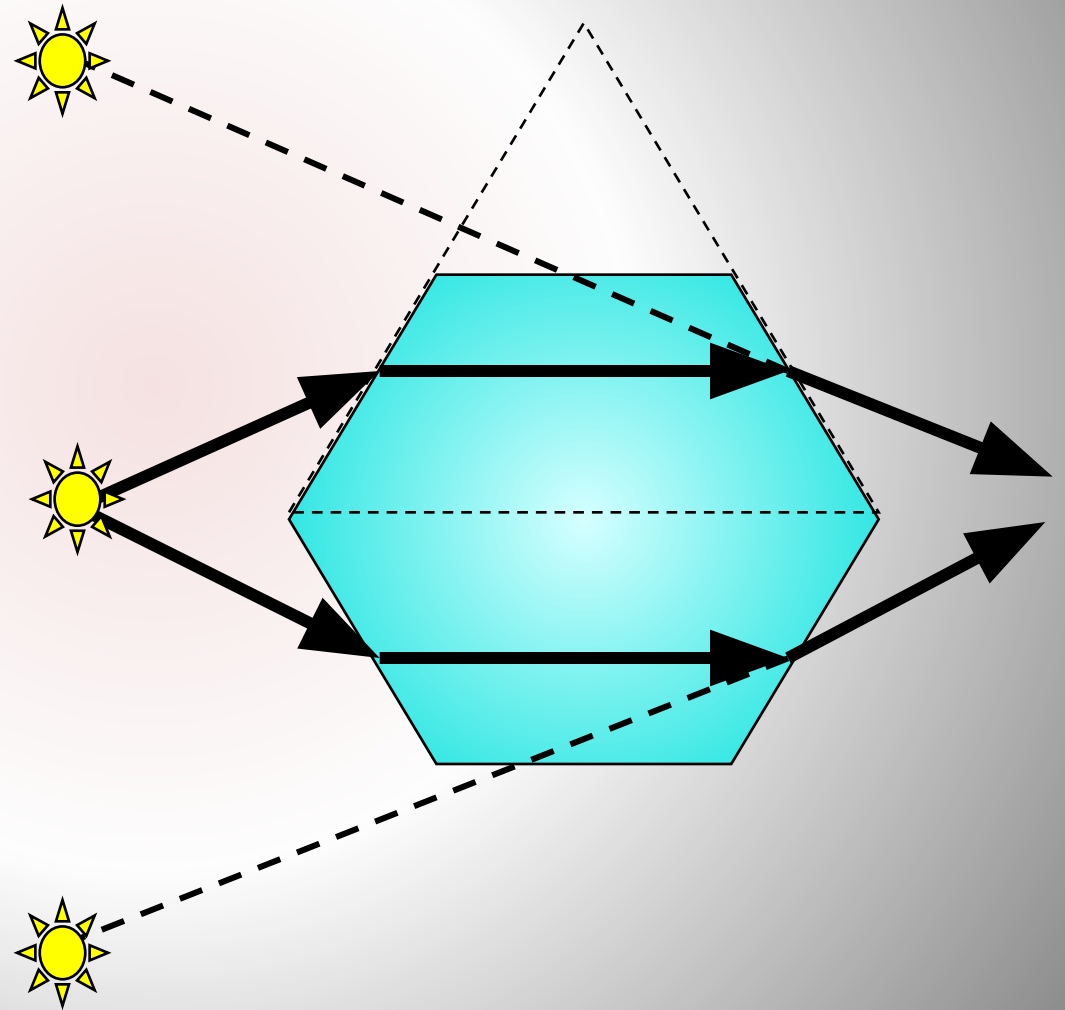
СТРУКТУРА

ГАЛО



# Образование гало

Виды кристаллов  
льда





Талый  
дождь





# Ложные солнца



Фотографии Ильясева А.Н.

# Столбы света

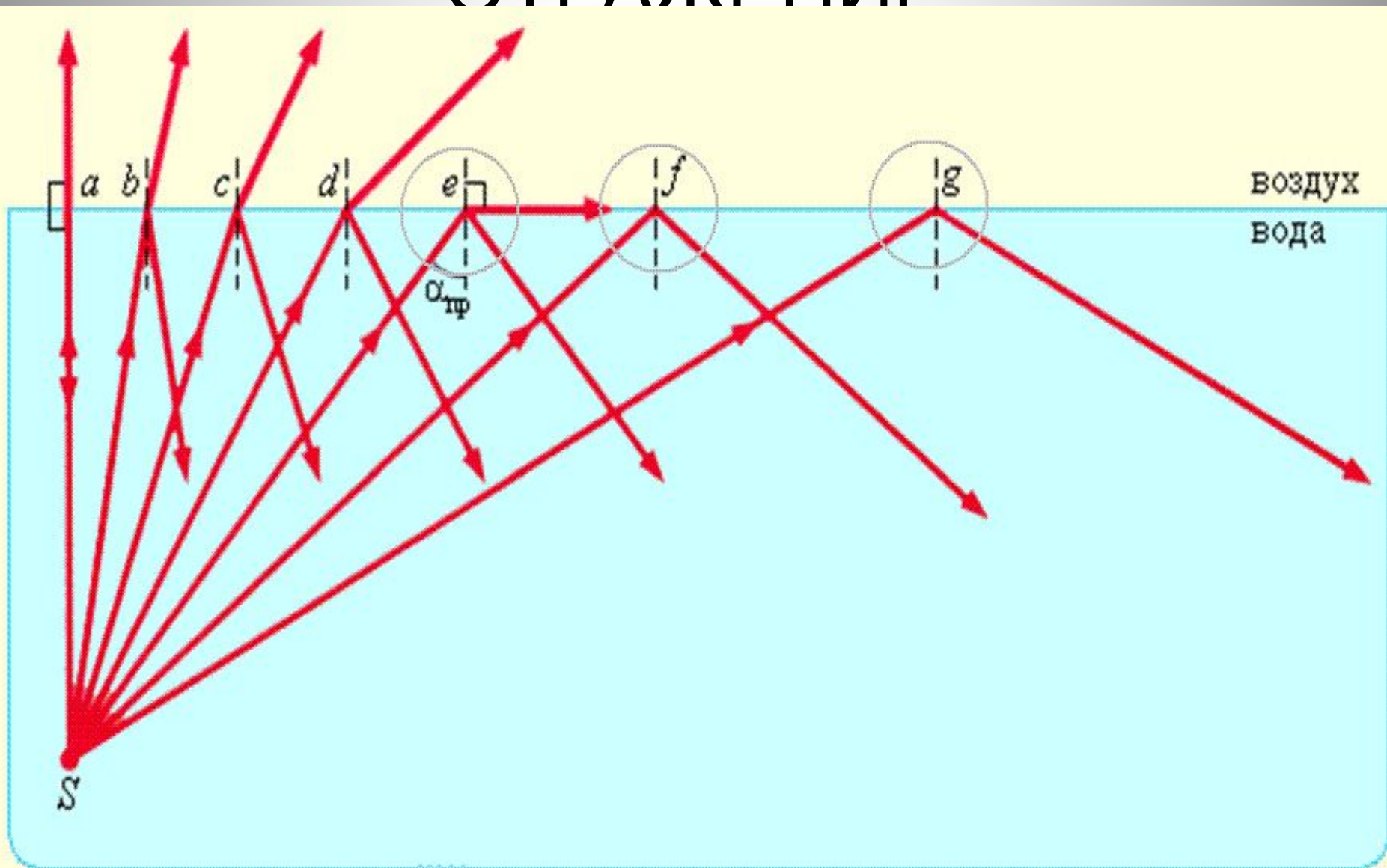
Столбы света

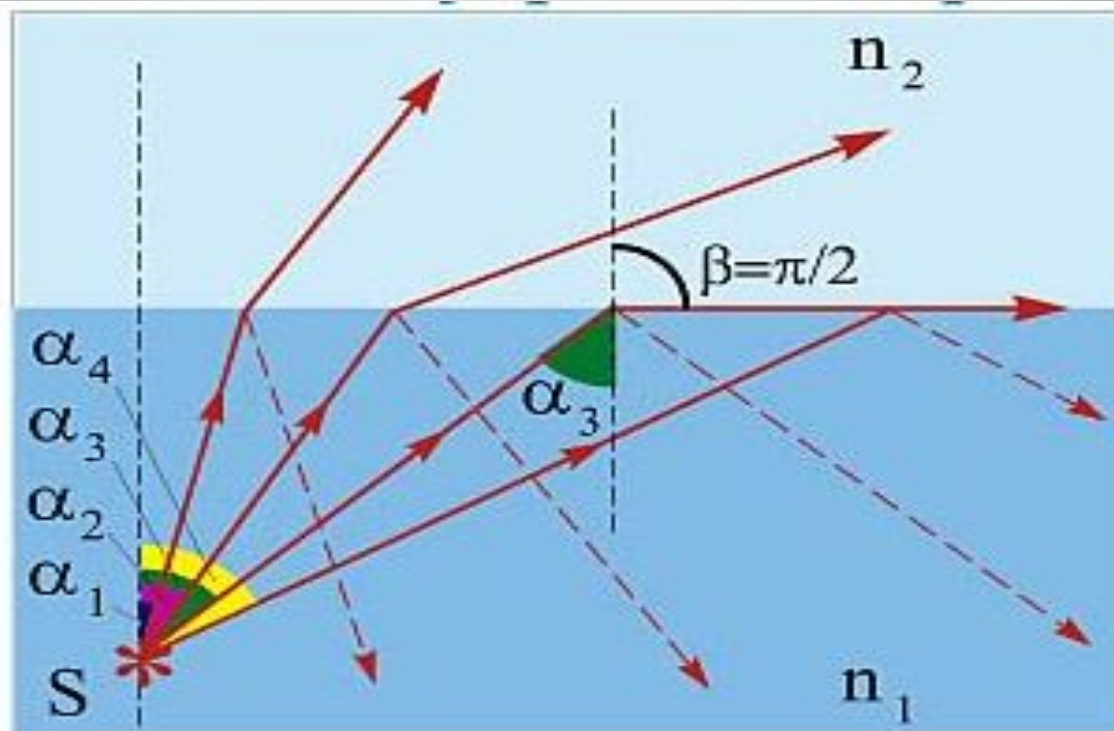


# Столбы света



# ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ





Из закона Снеллиуса:

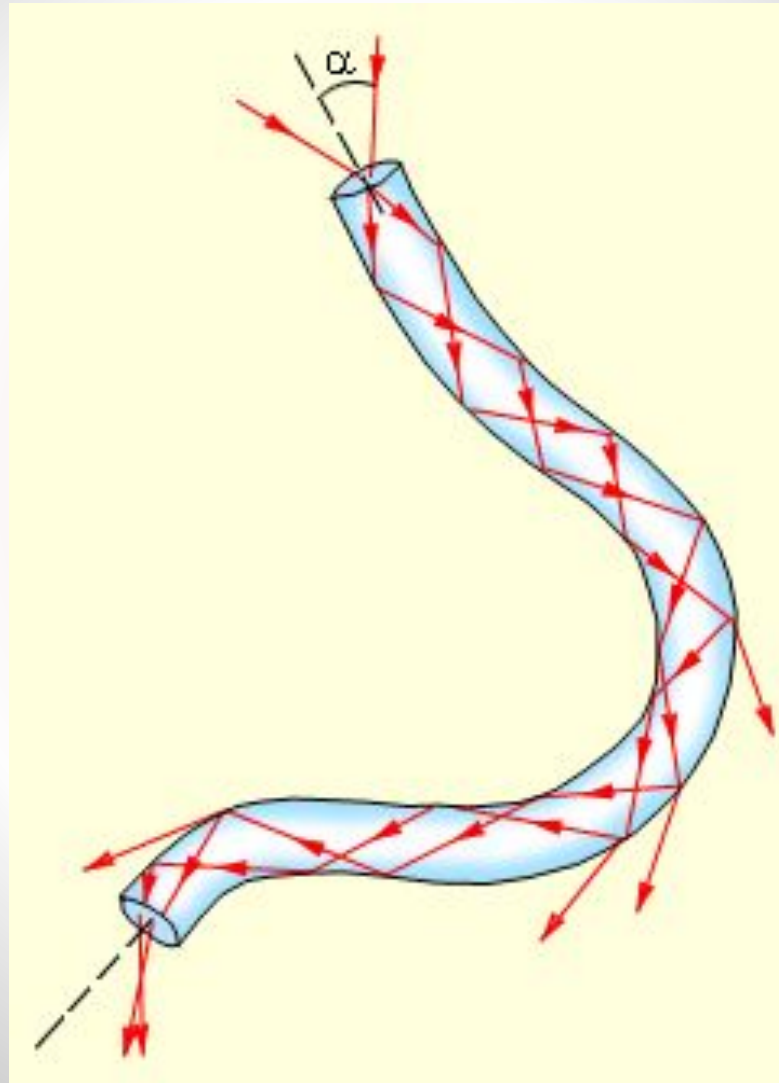
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{так как при } \alpha = \alpha_{\text{пр}}, \beta = \pi/2$$

следует  $\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$

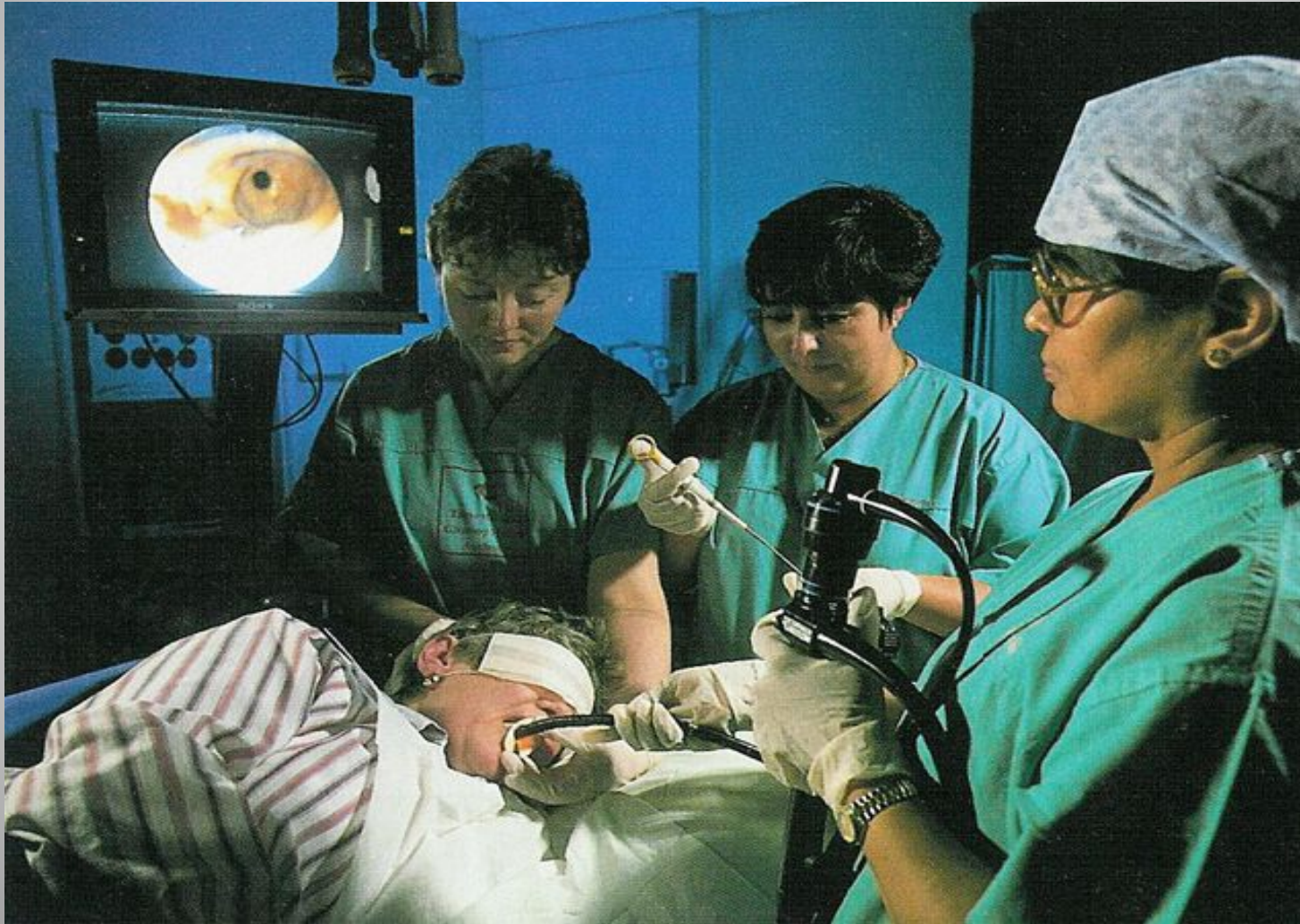
**Условия полного внутреннего отражения**

$$n_2 < n_1, \quad \alpha \geq \alpha_{\text{пр}}$$

# СВЕТОВОД



# ФГС ЖЕЛУДКА И 12-ПЁРСТНОЙ КИШКИ



# СХЕМА БИНОКЛЯ

