



# Преломление света. Физический смысл показателя преломления

Электромагнитные явления

# Сегодня мы:

- 1 вспомним, что называется преломлением света;
- 2 узнаем, чем обусловлено явление преломления света;
- 3 повторим формулировку закона преломления света;
- 4 узнаем, что называют абсолютным и относительным показателями преломления и как их определить;
- 5 выясним, от чего зависят абсолютный показатель преломления среды и скорость света в ней.



# Явление преломления света

Преломление света — это изменение направления распространения света при переходе из одной среды в другую.




# Явление преломления света



# Явление преломления света

Угол между падающим лучом и перпендикуляром, восставленным в точке падения луча, называется **углом падения**.

Угол между преломлённым лучом и тем же самым перпендикуляром называется **углом преломления**.



На основе волновой теории света можно объяснить причину явления преломления.





# Явление преломления света

## Закон преломления света:

лучи падающий, преломлённый и перпендикуляр, проведённый к границе раздела двух сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости.

$n_{21}$  — относительный показатель преломления для двух сред.

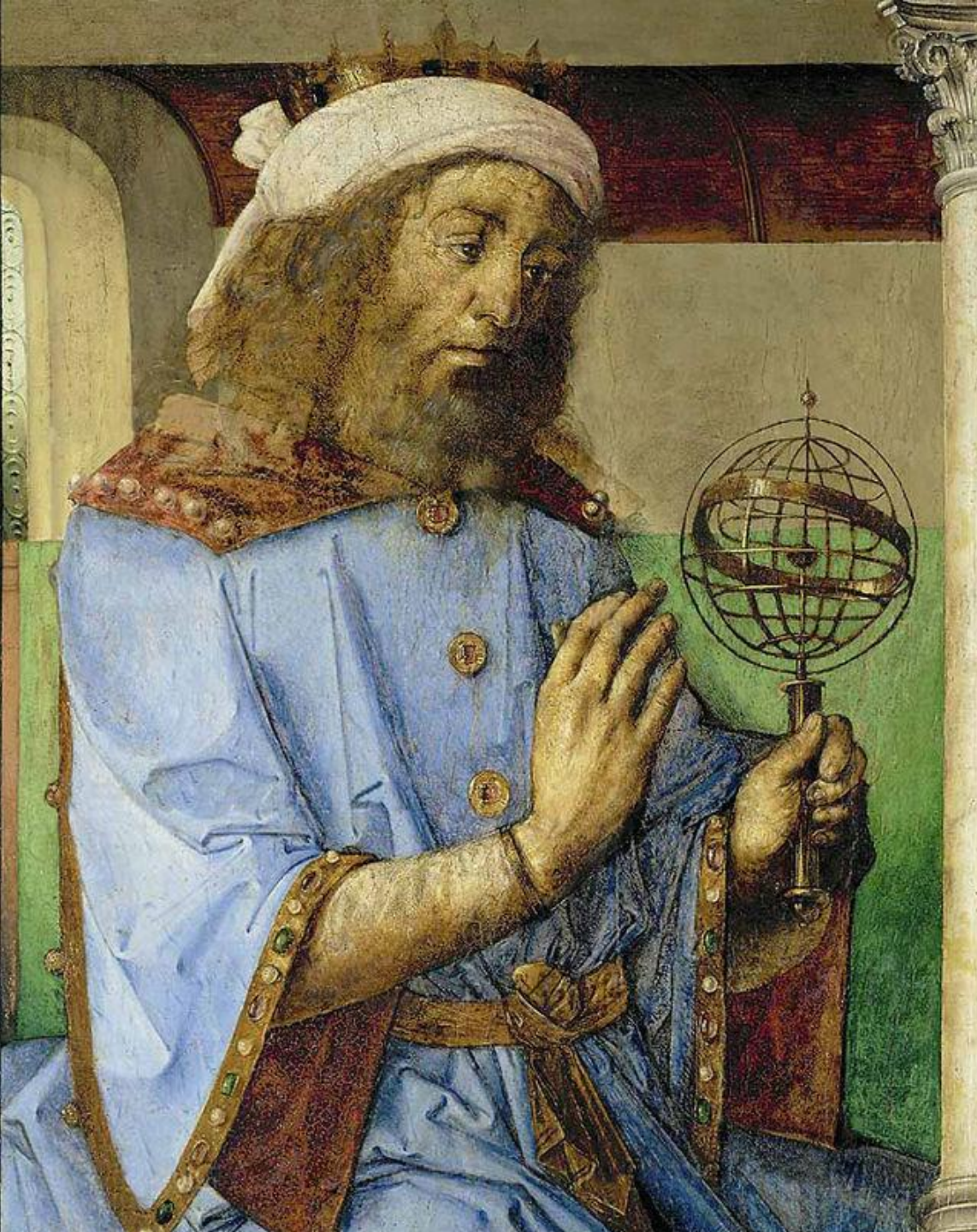
Для вакуума:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$

$n$  — абсолютный показатель преломления среды.

Показатель преломления вакуума принят за единицу.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$





К. Птолемей  
ок. 100 — ок. 170



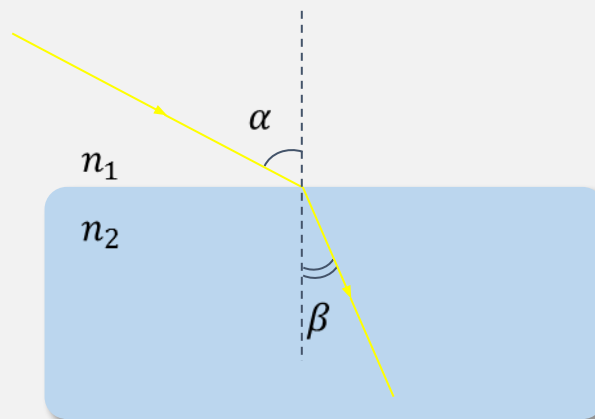
# Закон преломления света

Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред.



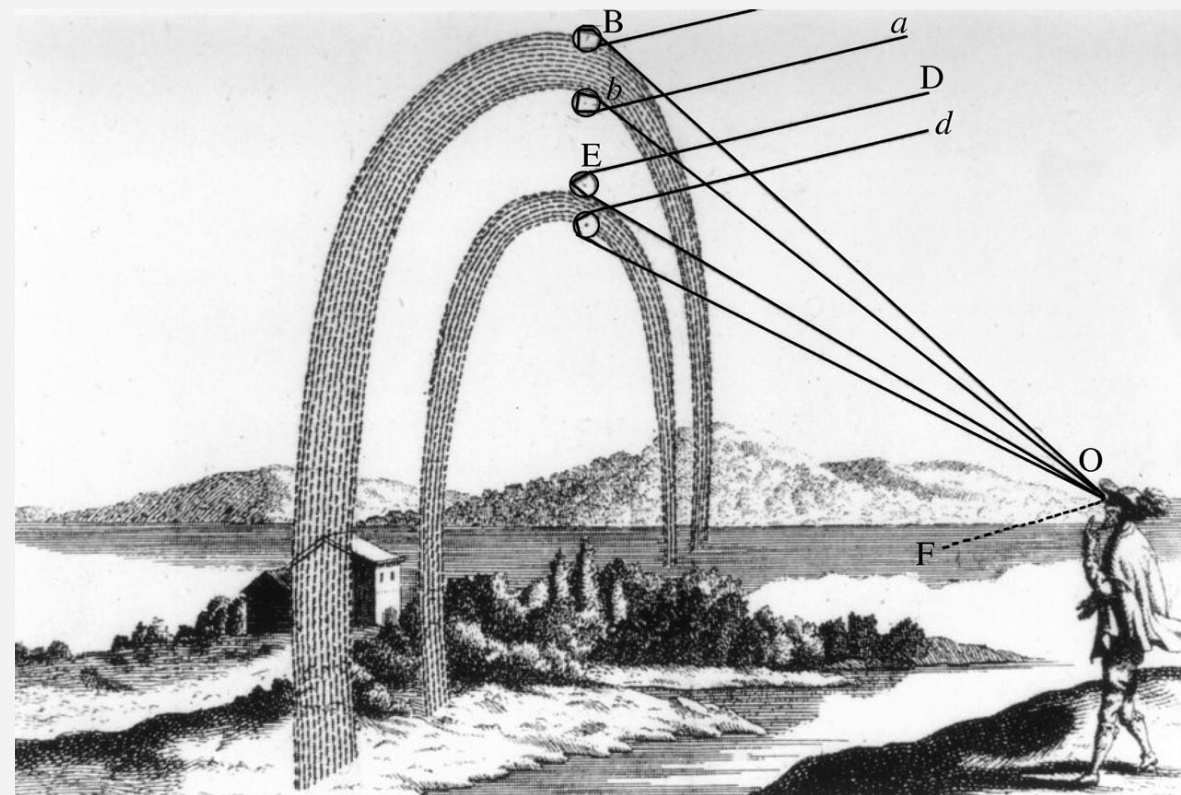
В. Снелл

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$

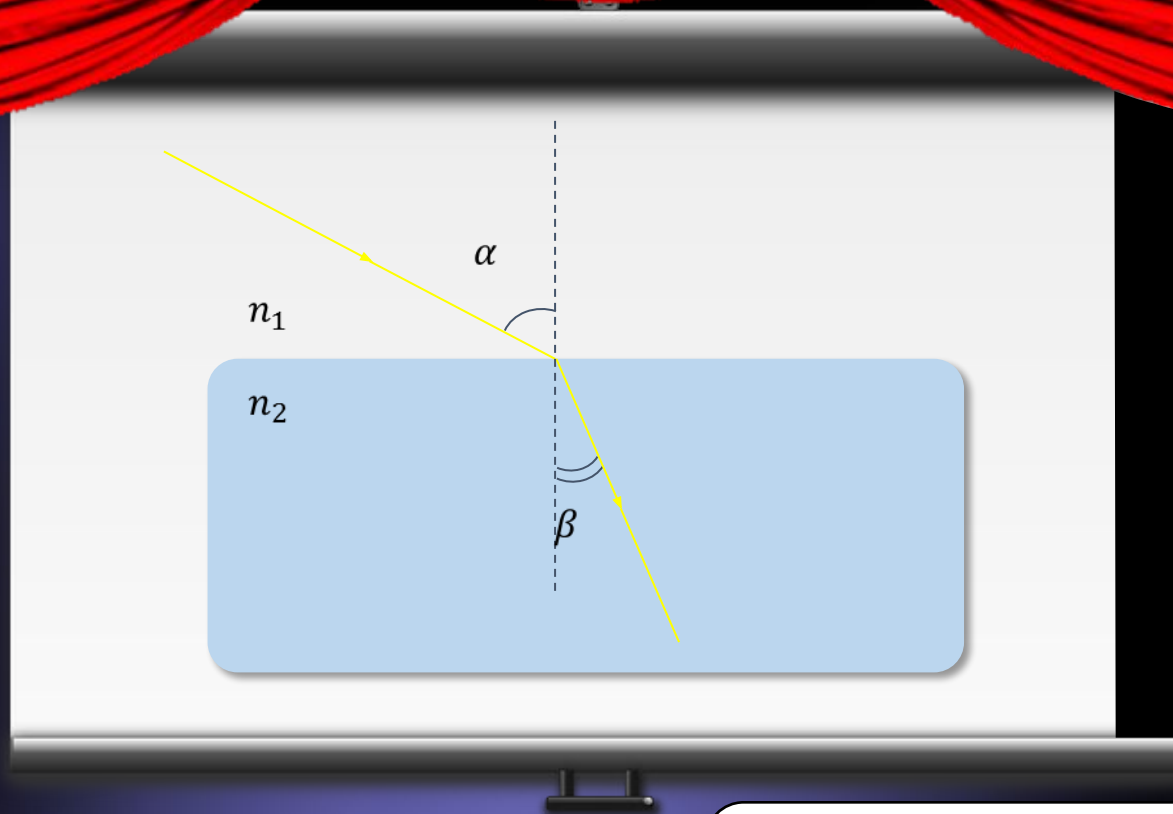




Эскиз происхождения одиночных и двойных радуг, *Les Météores*, 1637 г.



Р. Декарт  
1596—1650



А не связано ли преломление света с изменением скорости света при переходе из одной среды в другую?



# Явление преломления света

Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред, равная отношению скоростей света в этих средах.

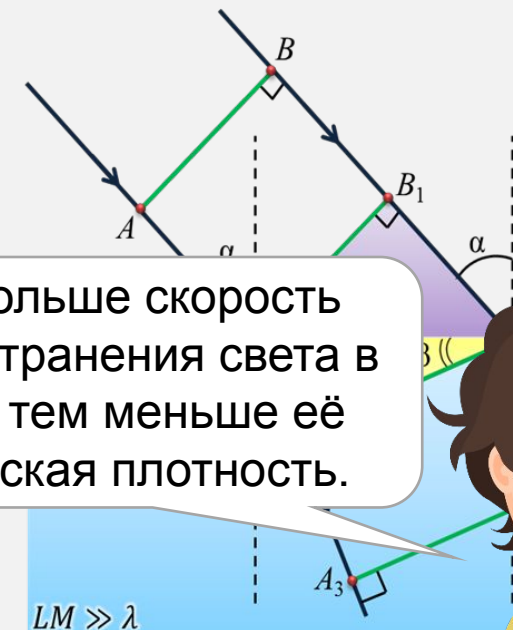


П. Ферма



К. Гюйгенс

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



Чем больше скорость распространения света в среде, тем меньше её оптическая плотность.

$LM \gg \lambda$

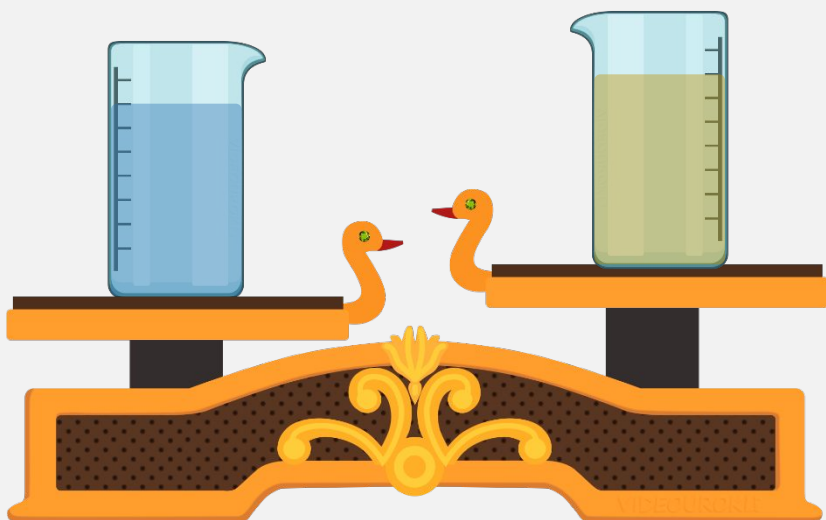




# Оптическая плотность вещества

Плотность вещества –

$$\rho = \frac{m}{V}$$



Оптическая плотность среды хє

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

Вещество

Скорость света

Воздух

$\approx 3,00 \cdot 10^8$  м/с

Вода

$\approx 2,25 \cdot 10^8$  м/с

Стекло

$\approx 2,00 \cdot 10^8$  м/с

Скипидар

$\approx 2,04 \cdot 10^8$  м/с

Алмаз

$\approx 1,25 \cdot 10^8$  м/с

# Преломление света

$n_{21}$  — относительный показатель преломления для двух сред.

Преломляющая способность вещества зависит от его **оптической плотности**.

**Оптическая плотность среды** характеризуется скоростью распространения света в ней.

**Относительный показатель преломления** показывает, во сколько раз скорость света в первой по ходу луча среде отличается от скорости распространения света во второй среде.

**Абсолютный показатель преломления** показывает, во сколько раз скорость света в вакууме больше, чем в данной среде.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$n = \frac{c}{v}$$

$$c \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

# Явление преломления света

Скорость света в любом веществе **меньше** скорости света в вакууме.

Из двух сред **оптически более плотной** считается та, у которой **показатель преломления больше** (или та, в которой скорость света меньше).



Значение абсолютного показателя преломления любого вещества больше единицы.

Среда	Показатель преломления
Воздух	1,0002926
Вода	1,332986
Глицерин	1,4729
Кремний	4,010
Алмаз	2,419
Лёд	1,31
Масло	1,46
Спирт этиловый	1,36
Стекло	1,5—1,9



# Явление преломления света

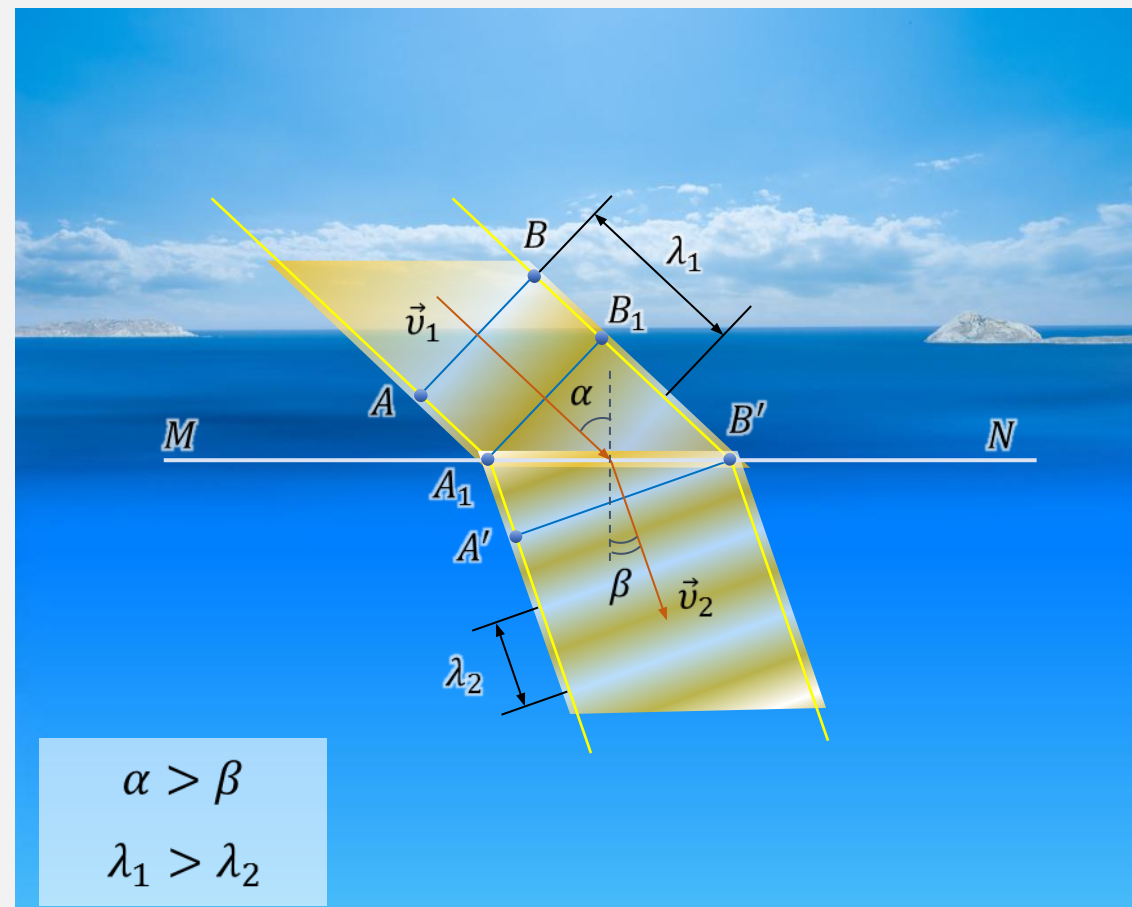
**Преломление света** — это изменение направления распространения света при переходе из одной среды в другую.

**Длина волны:**  $\lambda = \frac{v}{\nu} \Rightarrow$  если  $v \downarrow$ , то  $\lambda \downarrow$ .

**Частота света не меняется** при его переходе из одной среды в другую.




При переходе из оптически менее плотной среды в среду оптически более плотную, длина волны уменьшается.



# Явление преломления света

Угол между падающим лучом и перпендикуляром, восставленным в точке падения луча, называется **углом падения**.

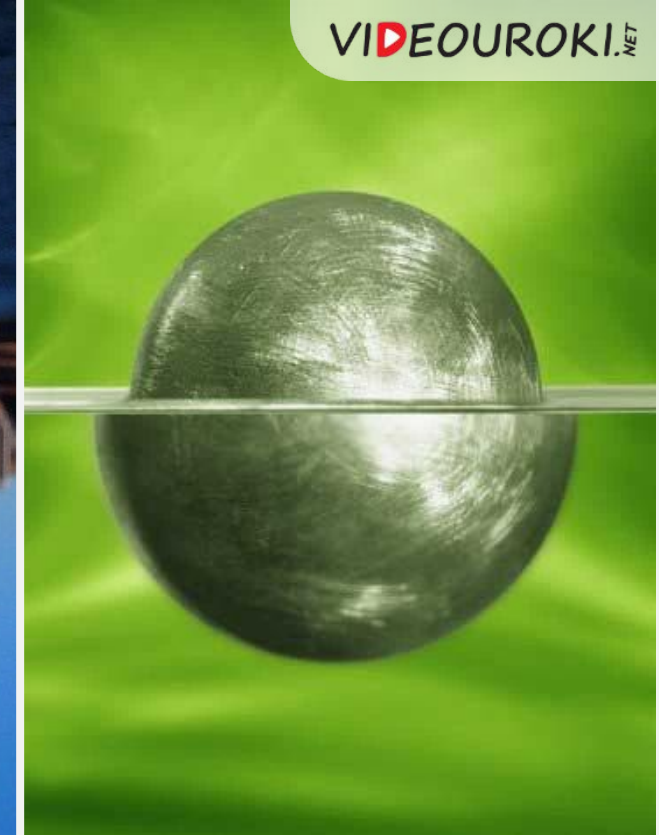
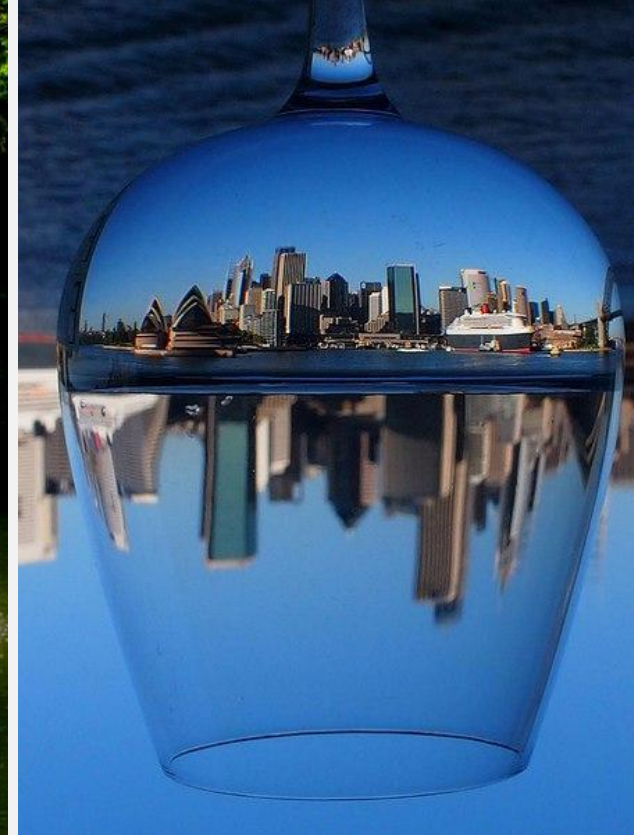
Угол между преломлённым лучом и тем же самым перпендикуляром называется **углом преломления**.



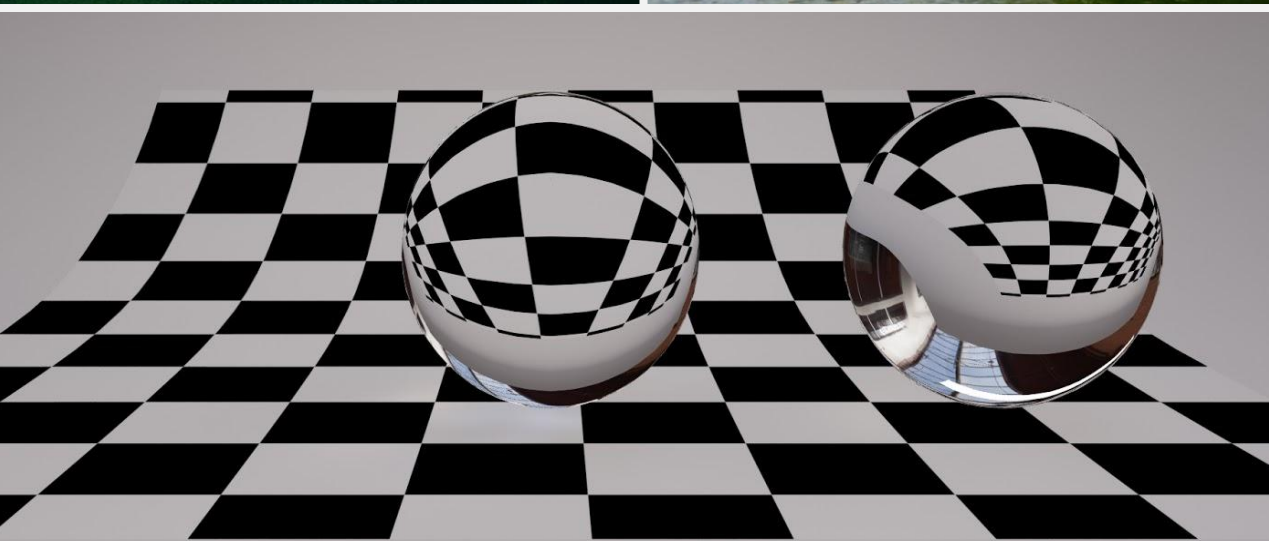
На основе волновой теории света можно объяснить причину явления преломления.







VIDEOUROKI.NET







**Задача.** На дне водоёма глубиной  $H = 3$  м находится источник света. На какой глубине  $h$  видит источник света наблюдатель, если он смотрит с лодки вертикально вниз, а показатель преломления воды равен  $n = 1,33$ ?

**ДАНО**

**РЕШЕНИЕ**

$$H = 3 \text{ м}$$

$$n = 1,33$$

$$h = ?$$

$\triangle SAB$  — прямоугольный треугольник.

$SA = H$  — глубина водоёма.

$$AB = H \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

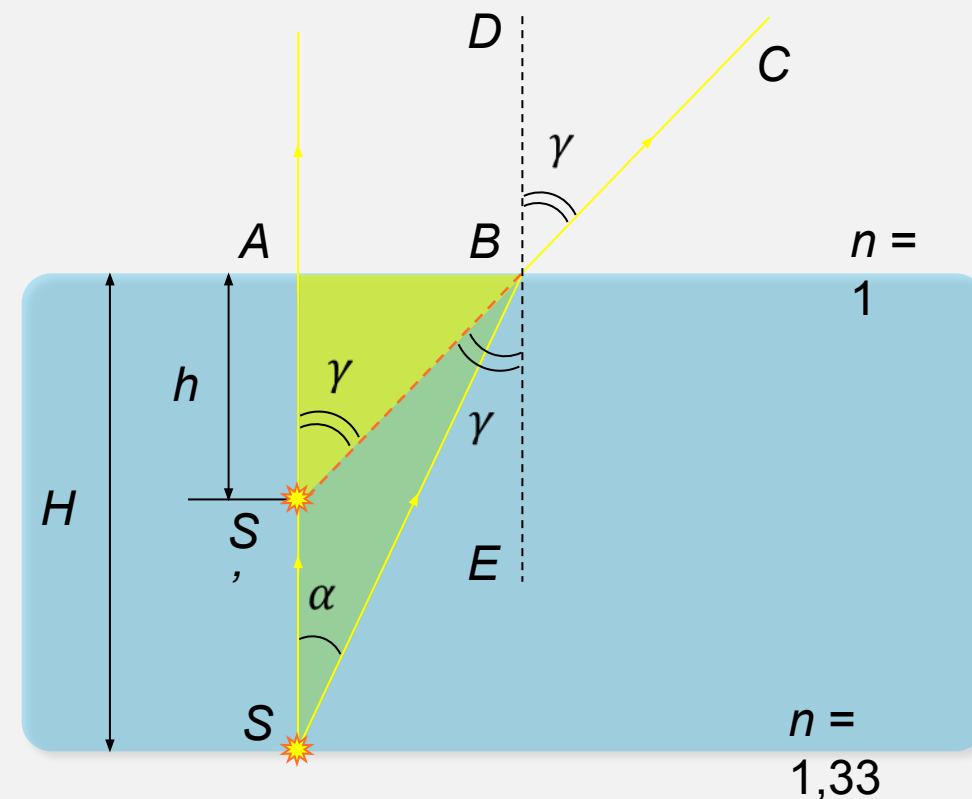
$\triangle S'AB$  — прямоугольный треугольник.

$S'A = h$  — мнимая глубина водоёма.

$$\angle AS'B = \angle S'BE = \gamma.$$

$$AB = h \cdot \operatorname{tg} \gamma.$$

$$\text{Тогда } H \cdot \operatorname{tg} \alpha = h \cdot \operatorname{tg} \gamma.$$



**Задача.** На дне водоёма глубиной 3 м находится источник света. На какой глубине увидит источник света наблюдатель, если он смотрит с лодки вертикально вниз, а показатель преломления воды равен 1,33?

**ДАНО**

**РЕШЕНИЕ**

$H = 3 \text{ м}$

$n = 1,33$

$h = ?$

$\triangle S'AB$  — прямоугольный треугольник.

$h = H \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = H \frac{1}{n}$

$AB = H \cdot \text{tg } \alpha$

Поскольку углы  $\alpha$  и  $\gamma$  малы, то  $\triangle S'AB$  — прямоугольный треугольник.  
 $\text{tg } \alpha \approx \sin \alpha$ ;  $\text{tg } \gamma \approx \sin \gamma$ .

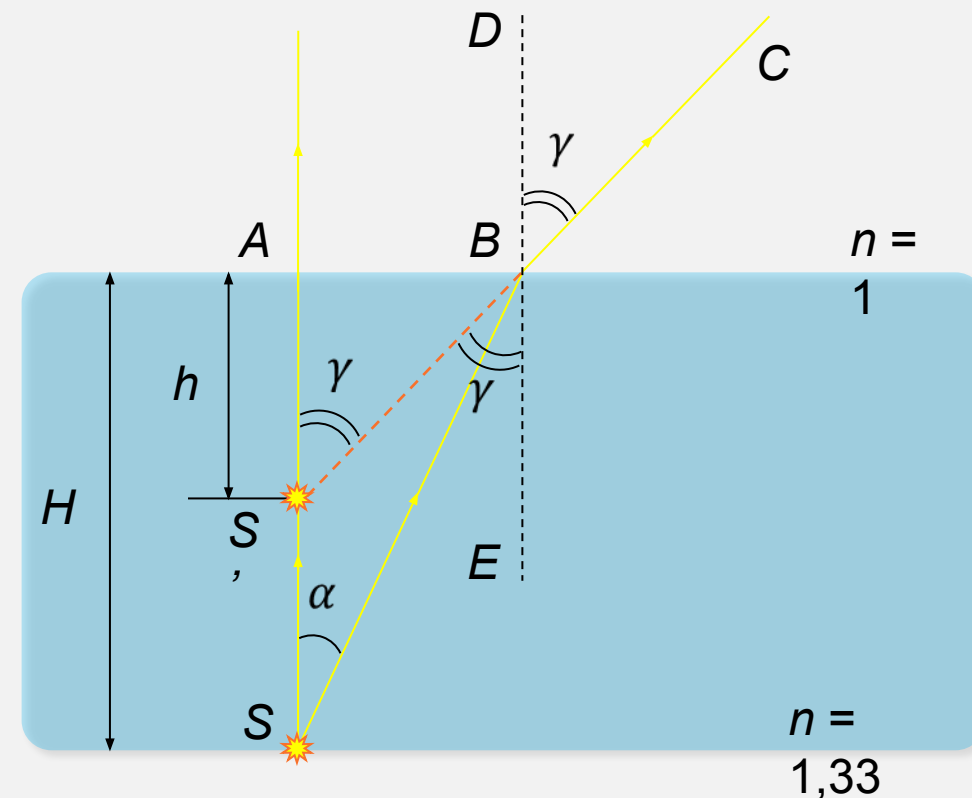
$S'A = h$  — мнимая глубина водоёма.  
 Закон преломления света:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{1}{n}$ .

$\angle AS'B = \angle S'BE = \gamma$ .

$h = \frac{H}{n} \approx 2,3 \text{ м}$ .

$AB = 1,33 \text{ tg } \gamma$ .

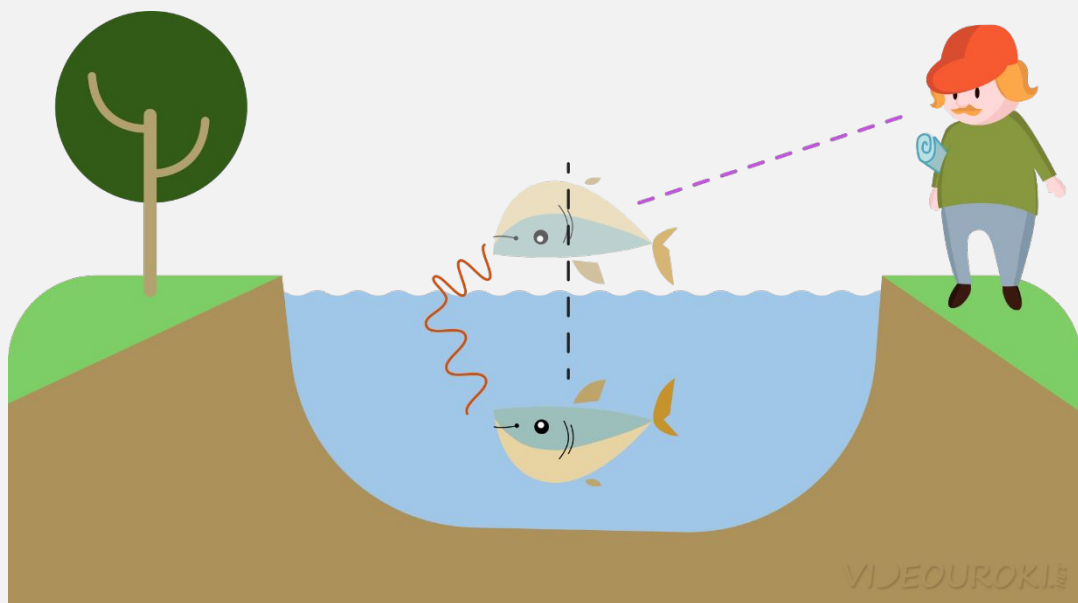
**Ответ:**  $H = 2,3 \text{ м} = h \cdot \text{tg } \gamma$ .





# Метаматериалы

Метаматериалы — это материалы с отрицательным показателем преломления.



В. Г. Веселаго  
род. 1929



# Метаматериалы

**Метаматериал** — это композиционный материал, свойства которого обусловлены не столько свойствами составляющих его элементов, сколько искусственно созданной периодической структурой.

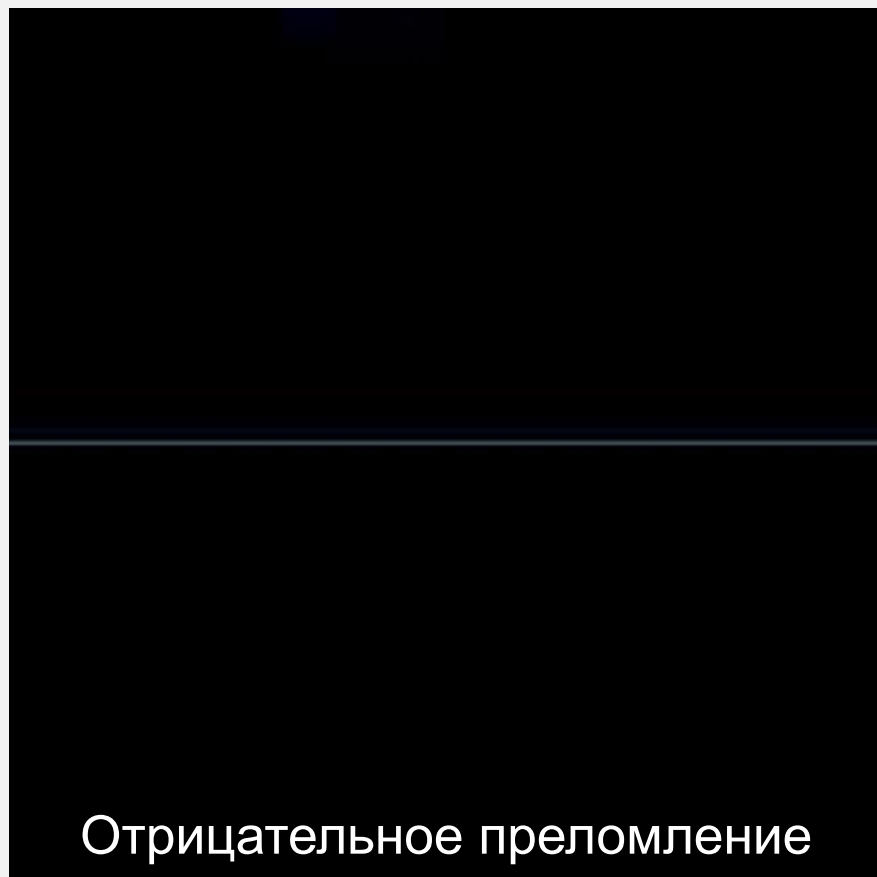


Дж. Пендри  
род. 1943





# Метаматериалы



Дж. Пендри  
род. 1943



# Главные выводы

## Явление преломления света

**Преломление света** — это изменение направления распространения света при переходе из одной среды в другую.

Угол между падающим лучом и перпендикуляром, восстановленным в точке падения луча, называется **углом падения**.

Угол между преломлённым лучом и тем же самым перпендикуляром называется **углом преломления**.



## Преломление света

$n_{21}$  — относительный показатель преломления для двух сред.

**Относительный показатель преломления** показывает, во сколько раз скорость света в первой по ходу луча среде отличается от скорости распространения света во второй среде.

Вещество	Скорость света
Воздух	$\approx 3,00 \cdot 10^8$ м/с
Вода	$\approx 2,25 \cdot 10^8$ м/с
Стекло	$\approx 2,00 \cdot 10^8$ м/с
Скипидар	$\approx 2,04 \cdot 10^8$ м/с
Алмаз	$\approx 1,25 \cdot 10^8$ м/с

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$



## Явление преломления света

**Закон преломления света:**

лучи падающий, преломлённый и перпендикуляр, проведённый к границе раздела двух сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$

$n_{21}$  — относительный показатель преломления для двух сред.

Для вакуума:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ .

$n$  — абсолютный показатель преломления среды.

**Показатель преломления вакуума** принят за единицу.



## Преломление света

**Абсолютный показатель преломления** показывает, во сколько раз скорость света в вакууме больше, чем в данной среде.

$$n = \frac{c}{v}$$



Среда	Показатель преломления
Воздух	1,0002926
Вода	1,332986
Глицерин	1,4729
Кремний	4,010
Алмаз	2,419
Лёд	1,31
Масло	1,46
Спирт этиловый	1,36
Стекло	1,5—1,9