

*Поляризация света. Закон  
Малюса.*

**1.**

**Естественный и поляризованный свет.**

В электромагнитной волне

$$\vec{E} \quad \vec{H}$$

связаны

по величине



$$\sqrt{\epsilon\epsilon_0} E = \sqrt{\mu\mu_0} H$$

и

по направлению



$$\vec{j} = [\vec{E} \times \vec{H}]$$

Достаточно рассматривать



$$\vec{E} \text{ или } \vec{H}$$

Выбирают вектор

$$\vec{E}$$

и называют его

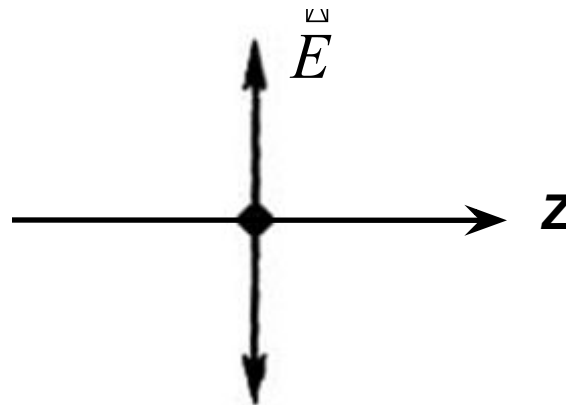
**световой вектор.**

Свет, в котором направление колебаний светового вектора  $\vec{E}$  упорядочено каким-либо образом, называется **поляризованным**.

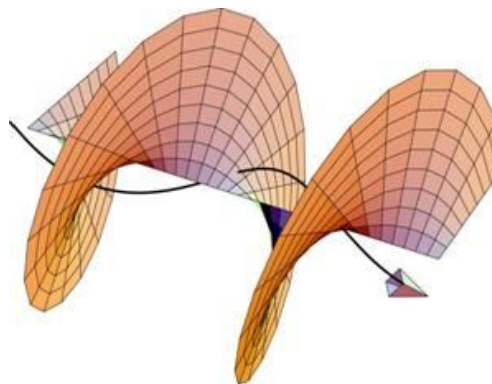
### Плоскополяризованный свет...



Обозначение:

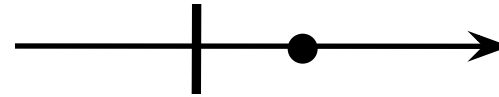
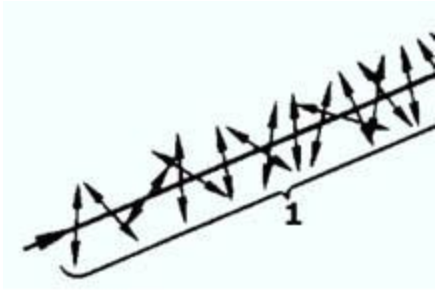


### Эллиптически поляризованный свет... Свет поляризованный по кругу...



## Естественный свет...

Обозначение:



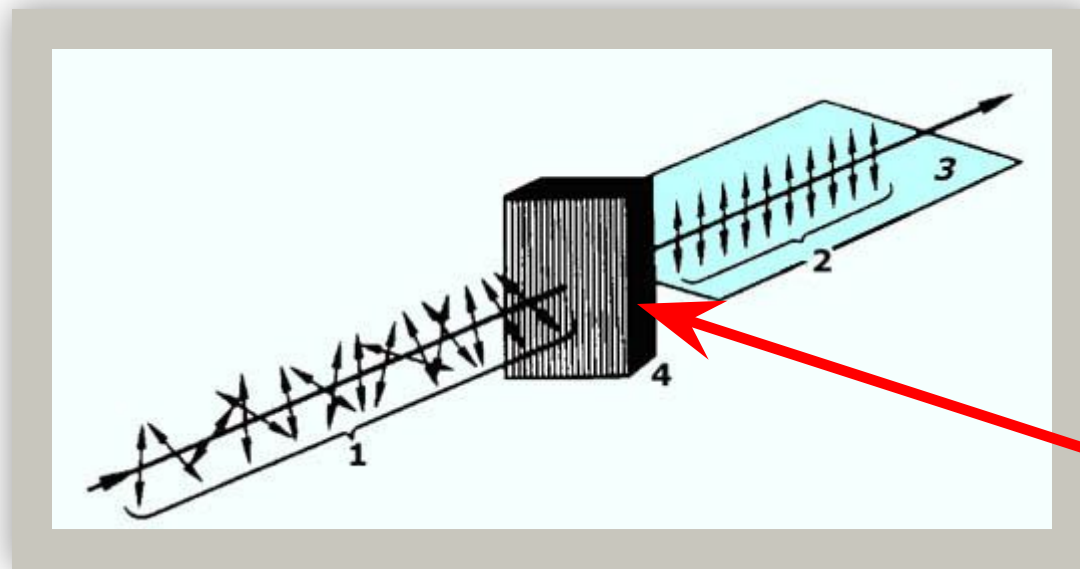
В естественной световой волне колебания разных направлений представлены с равной вероятностью. Это связано с тем, что:

- 1) излучение света атомом носит **случайный** характер;
- 2) длительность спонтанного излучения порядка **10 наносекунд**;
- 3) одновременно свет излучается **большим атомов числом**.

2.

## Закон Малюса.

Поляризатор – прибор, при помощи которого можно получить поляризованный свет.



плоскость  
поляризатора

Поляризатор пропускает колебания, параллельные плоскости, которая называется плоскостью поляризатора, и полностью или частично задерживают колебания, перпендикулярные к этой плоскости.

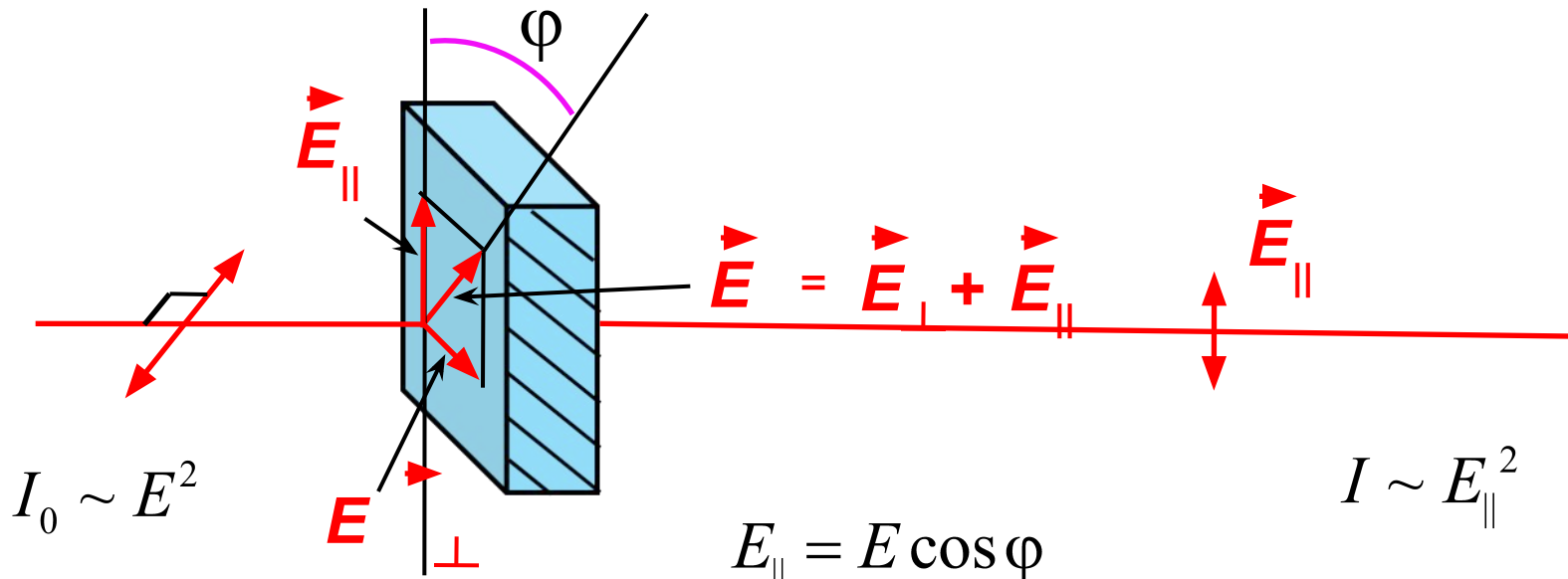
**Закон Малюса**: интенсивность, выходящего из поляризатора, плоскополяризованного света  $I$  связана с интенсивностью, падающего на поляризатор, плоскополяризованного света  $I_0$  соотношением:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$

$\varphi$  - угол между световым вектором  $\vec{E}$  и плоскостью поляризатора

**Докажем закон Малюса**

$E$  – амплитуда плоскополяризованной, волны, падающей на поляризатор



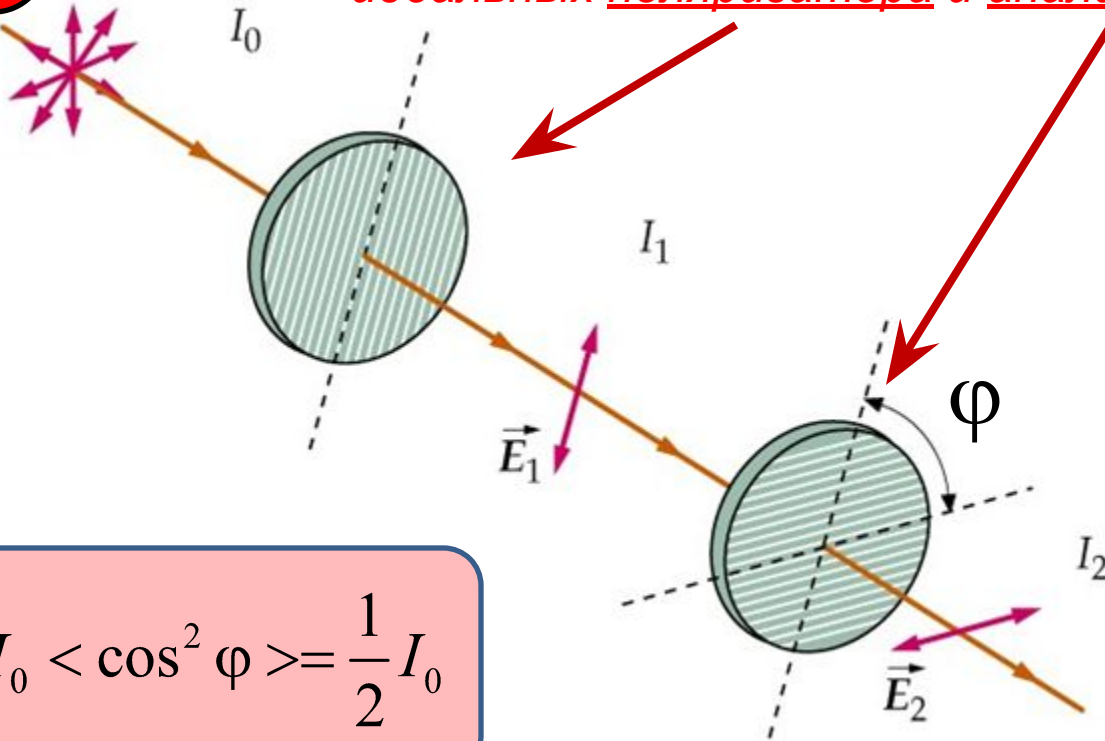
$$E_{\parallel} = E \cos \varphi$$

$$E_{\perp} = E \sin \varphi$$

$$I = I_0 \cos^2 \varphi$$

3.

Схема поляризационного прибора, состоящего из идеальных поляризатора и анализатора.



$$I_1 = I_0 \langle \cos^2 \varphi \rangle = \frac{1}{2} I_0$$

Скрещенные идеальные поляризатор и анализатор

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow I_2 = 0$$

$$I_2 = I_1 \cos^2 \varphi = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$$



Степень поляризации световой  
волны

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \leq 1$$



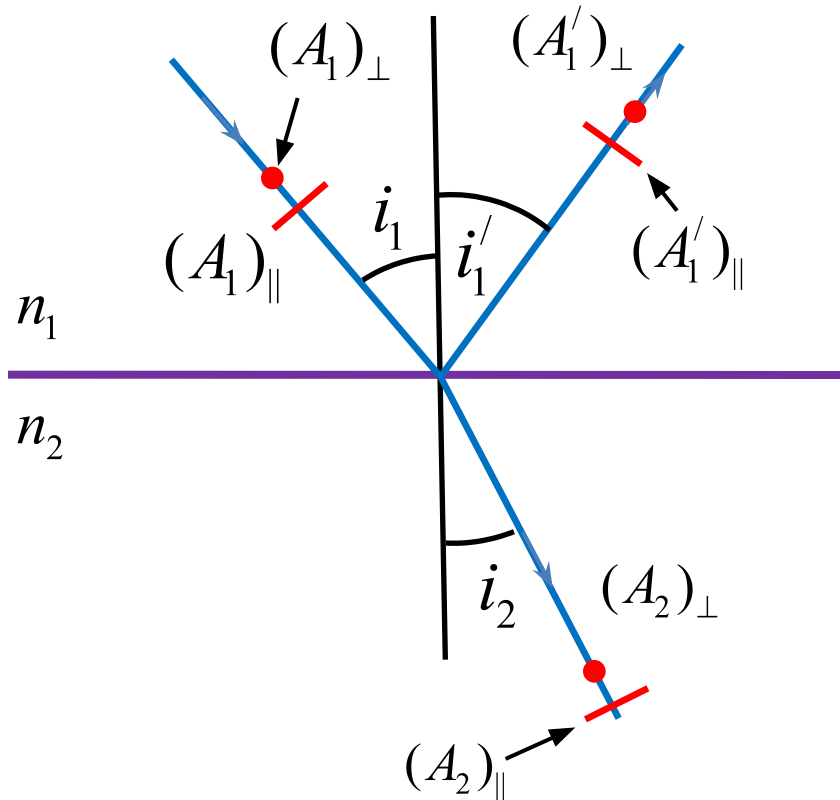
*Для идеального  
поляризатора*

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow I_{\min} = 0 \Rightarrow P = 1$$

**Поляризация света при его  
отражении и преломлении на  
границе двух сред. Закон  
Брюстера.**

Формулы Френеля для соотношения амплитуд колебаний на границе 2-х однородных изотропных диэлектриков  $n_2 > n_1$

Введем обозначения



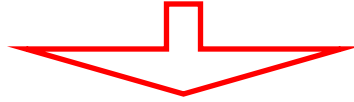
$(A_1)_\perp$   
 $(A'_1)_\perp$   
 $(A_2)_\perp$

**Амплитуды** составляющих световой волны, колебания в которых перпендикулярны плоскости падения.

$(A_1)_\parallel$   
 $(A'_1)_\parallel$   
 $(A_2)_\parallel$

**Амплитуды** составляющих световой волны, колебания в которых происходят в плоскости падения.

Формулы Френеля - следствие из уравнений Максвелла и граничных условий для напряженности электрического поля.



$$(A_1')_{\perp} = - (A_1)_{\perp} \frac{\sin (i_1 - i_2)}{\sin (i_1 + i_2)} \quad (1)$$

$$(A_2)_{\perp} = (A_1)_{\perp} \frac{2 \sin i_2 \cos i_1}{\sin (i_1 + i_2)} \quad (2)$$

$$(A_1')_{\parallel} = (A_1)_{\parallel} \frac{\operatorname{tg} (i_1 - i_2)}{\operatorname{tg} (i_1 + i_2)} \quad (3)$$

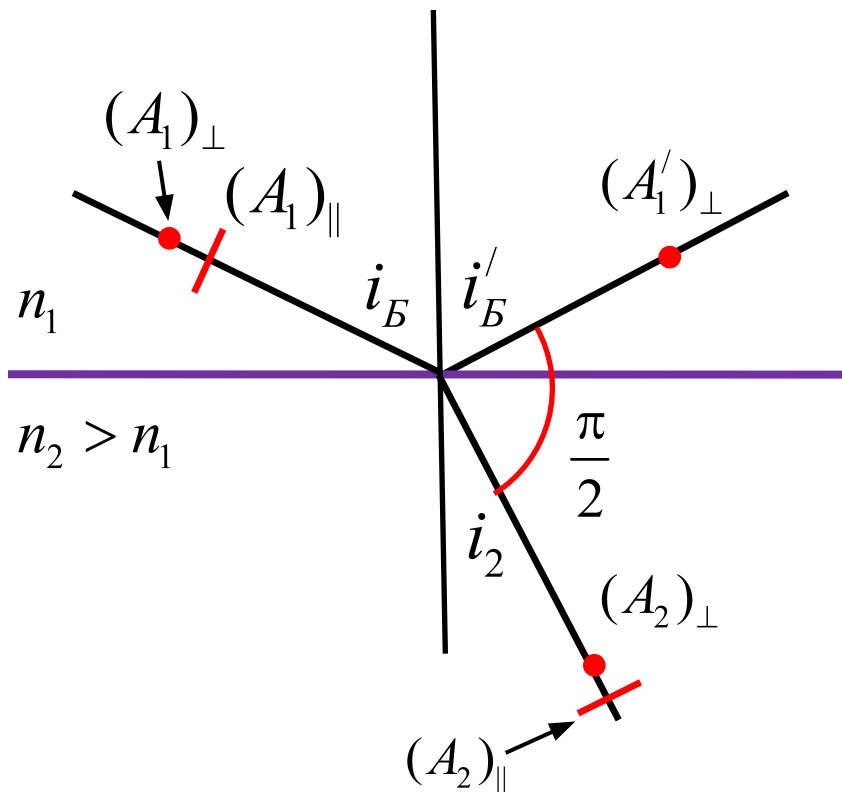
$$(A_2)_{\parallel} = (A_1)_{\parallel} \frac{2 \sin i_2 \cos i_1}{\sin (i_1 + i_2) \cos (i_1 - i_2)} \quad (4)$$

$$(A_1')_{\parallel} = (A_1)_{\parallel} \frac{\operatorname{tg}(i_1 - i_2)}{\operatorname{tg}(i_1 + i_2)} \quad (3)$$

$$(A_1')_{\perp} = -(A_1)_{\perp} \frac{\sin(i_1 - i_2)}{\sin(i_1 + i_2)} \quad (1)$$

$$(A_1')_{\parallel} = (A_1)_{\parallel} \frac{\operatorname{tg}(i_1 - i_2)}{\operatorname{tg}(i_1 + i_2)} \quad (3)$$

$(3) \Rightarrow i_1 + i_2 = \frac{\pi}{2} \rightarrow (A_1')_{\parallel} = 0 \rightarrow$  отраженная волна - полностью поляризована  
преломленная волна - частично поляризована



угол падения, при котором отраженная волна  
 полностью поляризована, называется  
углом Брюстера.

$$i_1 = i_B$$

При этом отраженный и преломленный  
 лучи взаимно перпендикулярны друг другу.

# Закон Брюстера

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



$$n_1 \sin i_B = n_2 \sin\left(\frac{\pi}{2} - i_B\right)$$



$$n_1 \sin i_B = n_2 \cos i_B$$



$$\operatorname{tgi}_B = \frac{n_2}{n_1}$$



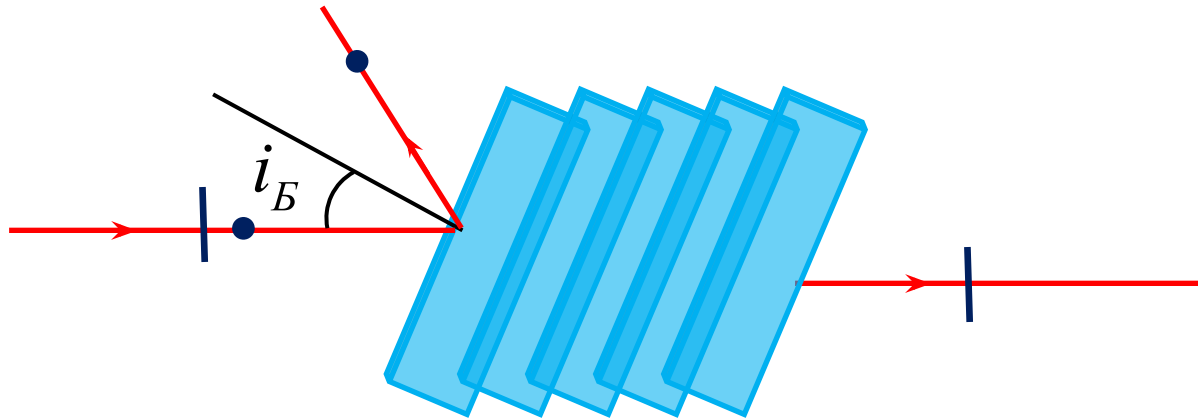
$$n_1 = 1, n_2 = n$$



$$\operatorname{tgi}_B = n$$

## Применения закона Брюстера.

- 1) Поляризация при отражении под углом Брюстера.
- 2) Определение показателя преломления диэлектрика.
- 3) «Стопа Столетова»



$$(A'_1)_{\perp} = - (A_1)_{\perp} \frac{\sin (i_1 - i_2)}{\sin (i_1 + i_2)} \quad (1)$$

Если  $n_2 > n_1$ ,  $i_2 < i_1$ . Это отражает тот факт, что **при отражении на границе с оптически более плотной средой происходит изменение фазы колебаний на  $\pi$** .