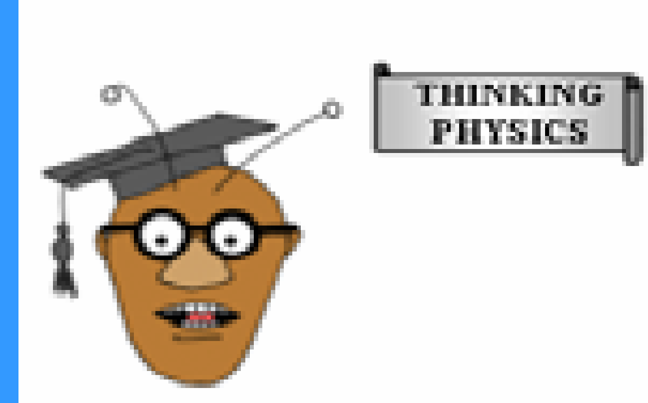
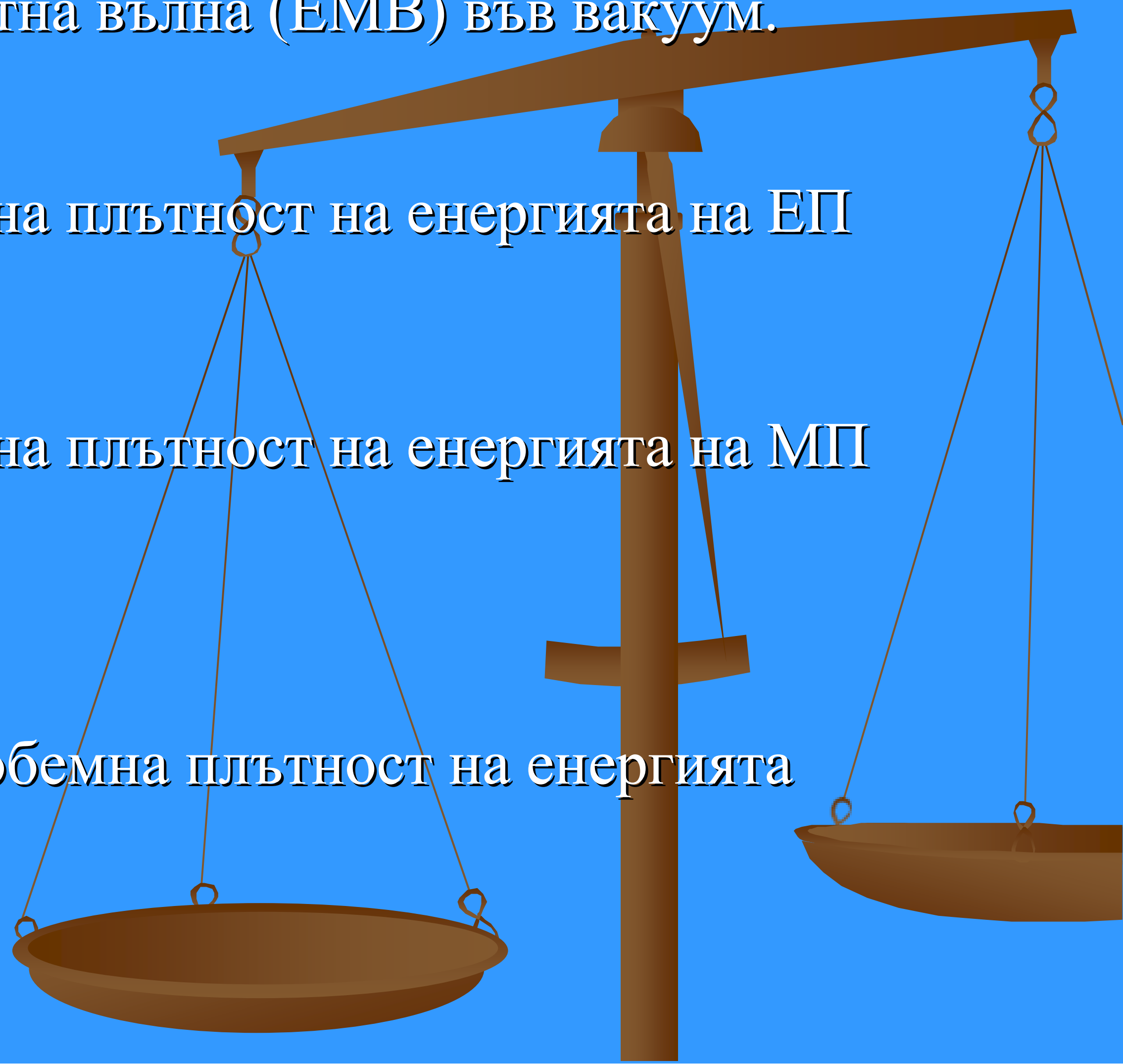


ИНТЕНЗИТЕТ НА СВЕТЛИНАТА

Лектор: проф. д-р Т. Йовчева

1.Интензитет на светлината

Пренасяната от светлината енергия се дава от уравненията на Максуел за електромагнитна вълна (ЕМВ) във вакуум.



$$w_e = \frac{1}{2}.\varepsilon_0.E^2$$ - обемна плътност на енергията на ЕП

$$w_м = \frac{1}{2}.\varepsilon_0.c^2.B^2$$ - обемна плътност на енергията на МП

$$E = c.B \Rightarrow w_e = w_м$$

$$w = w_e + w_м = 2w_e$$ - обемна плътност на енергията

2. Поляризация на ЕМВ

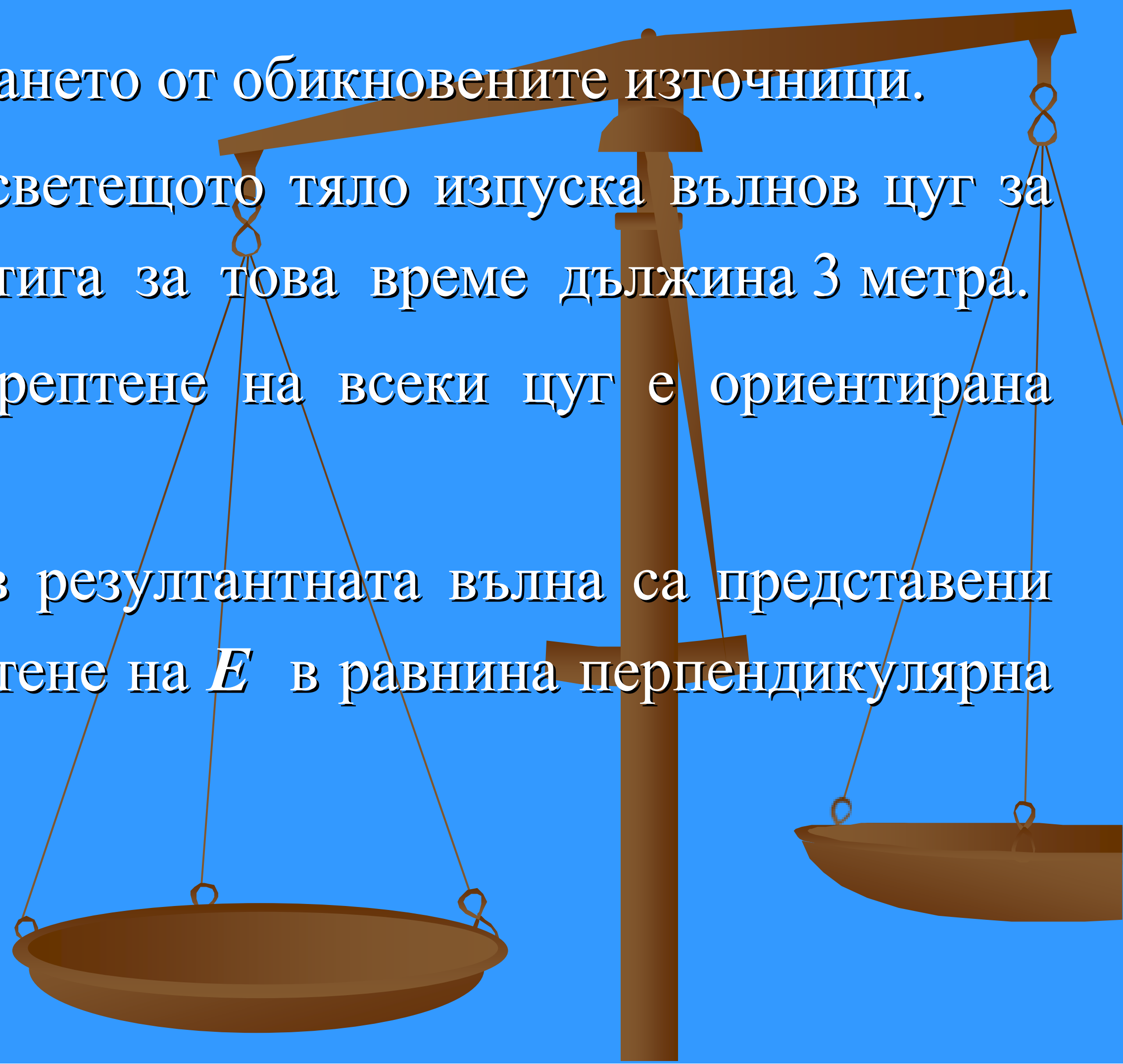
2.1. Естествена светлина (неполяризирана)

Такова е излъчването от обикновените източници.

Всеки атом на светещото тяло изпуска вълнов цуг за време 10^{-8} s, който достига за това време дължина 3 метра.

Равнината на трептене на всеки цуг е ориентирана случайно.

Следователно, в резултантната вълна са представени всички посоки на трептене на E в равнина перпендикулярна на k.



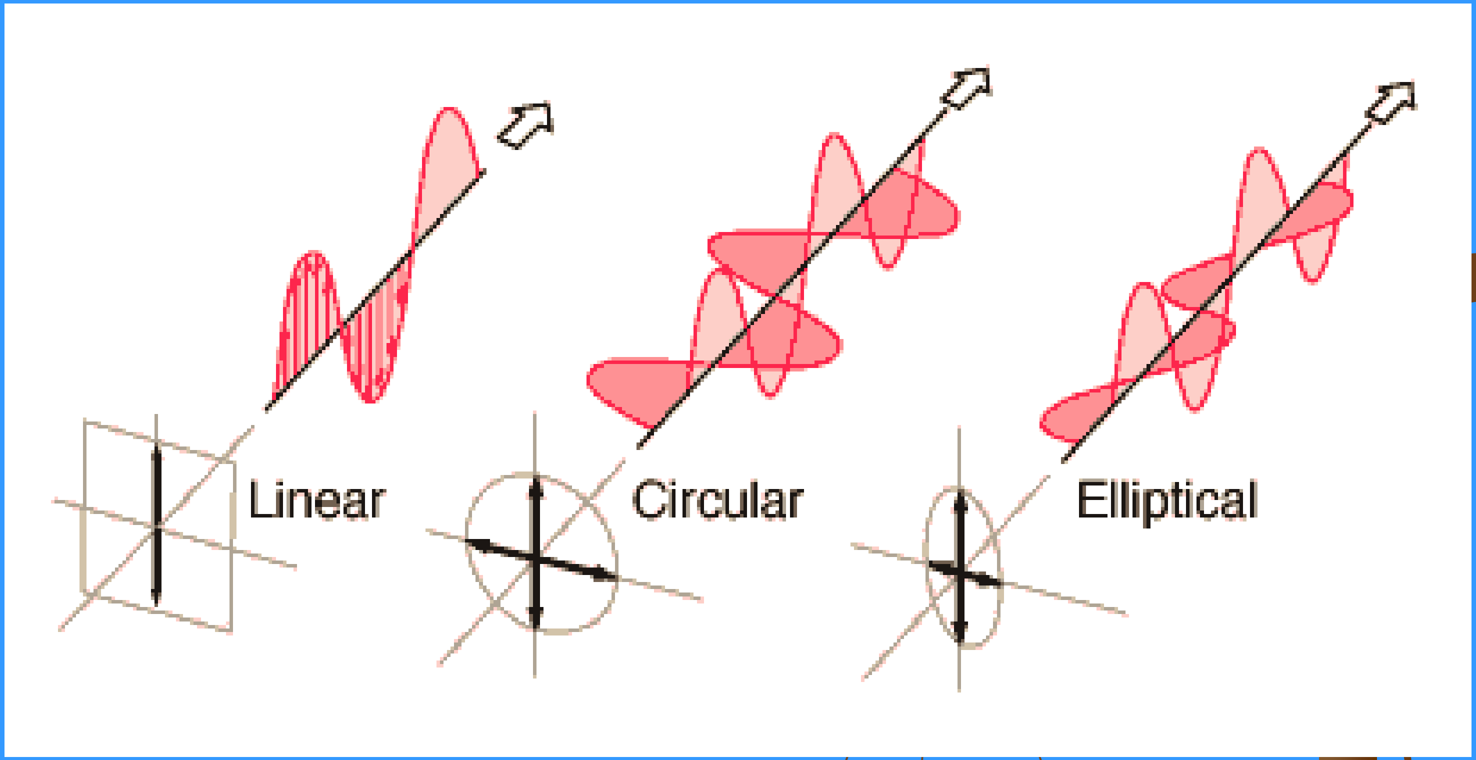
2.2. Поляризирана светлина

Трептенията на светлинния вектор ***E*** стават по определен закон:

а) ***Плоско или линейно поляризирана*** светлина – краят на ***E*** трепти по права линия;

б) ***Елиптично поляризирана*** - краят на ***E*** описва елипса. Векторът ***E*** се завърта около лъча **к,** като едновременно пулсира по големина.

Кръгово поляризирана - краят на ***E*** описва кръг.



в) Аналитично пресмятане

Разглеждаме две монохроматични вълни с еднакви честоти, поляризирани в две взаимно перпендикулярни равнини, разпространяващи се по X, с фазова разлика равна на δ.

При t=0, α=0

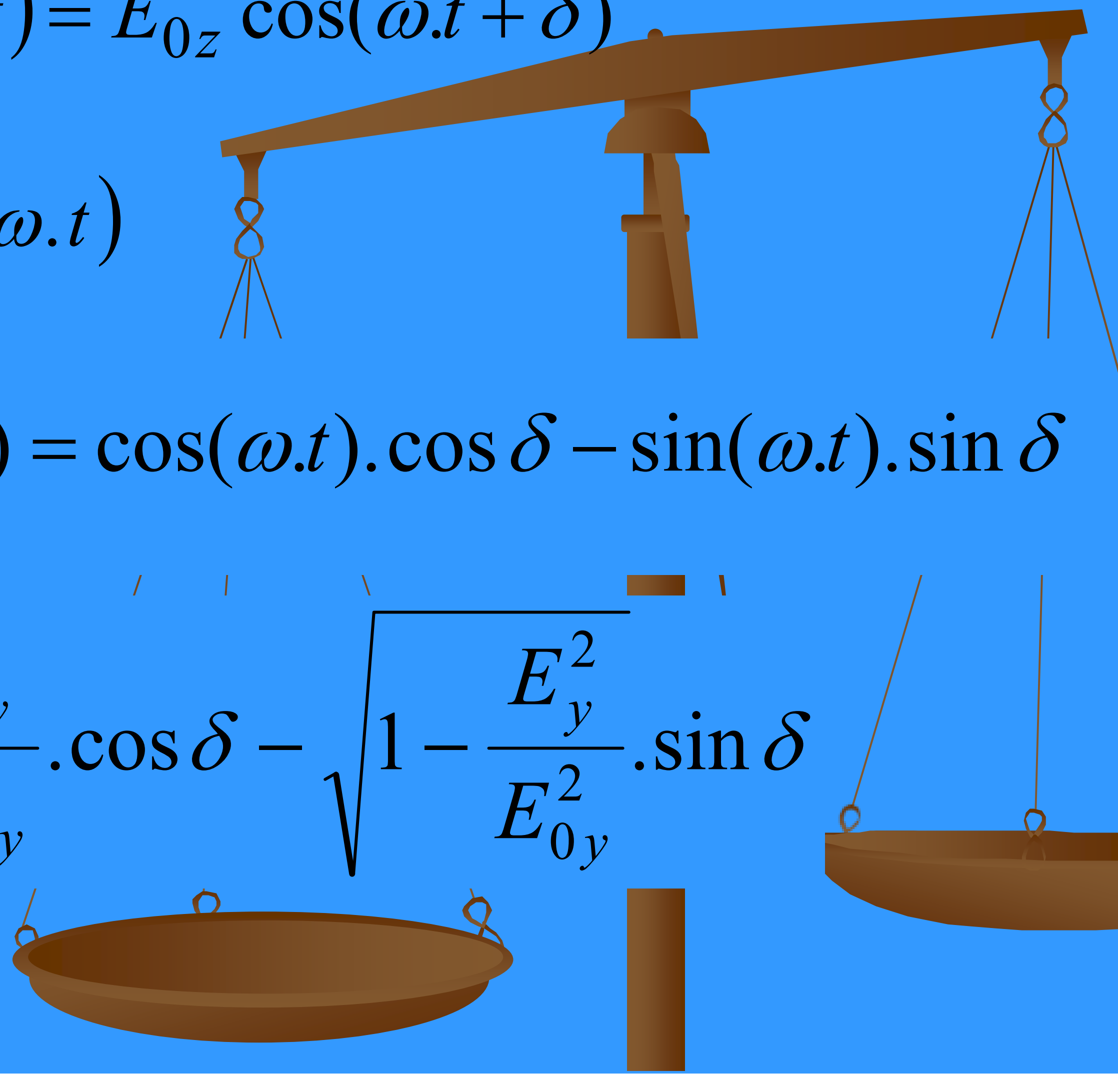
$$E_1 = E_y(x,t) = E_{0y}\cos(\omega . t)$$

$$E_2 = E_z(x,t) = E_{0z}\cos(\omega . t + \delta)$$

$$\frac{E_y}{E_{0y}} = \cos(\omega . t)$$

$$\frac{E_z}{E_{0z}} = \cos(\omega . t + \delta) = \cos(\omega . t).\cos\delta - \sin(\omega . t).\sin\delta$$

$$\frac{E_z}{E_{0z}} = \frac{E_y}{E_{0y}}.\cos\delta - \sqrt{1 - \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}}.\sin\delta$$



$$\frac{E_z}{E_{0z}} - \frac{E_y}{E_{0y}}.\cos\delta = -\sqrt{1 - \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}}.\sin\delta$$

$$\frac{E_z^2}{E_{0z}^2} - 2\frac{E_z}{E_{0z}}.\frac{E_y}{E_{0y}}.\cos\delta + \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}.\cos^2\delta = \left(1 - \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}\right).\sin^2\delta$$

Уравнение на елипса.

Гледайки по посока на X елипсата е различно ориентирана в зависимост от δ:

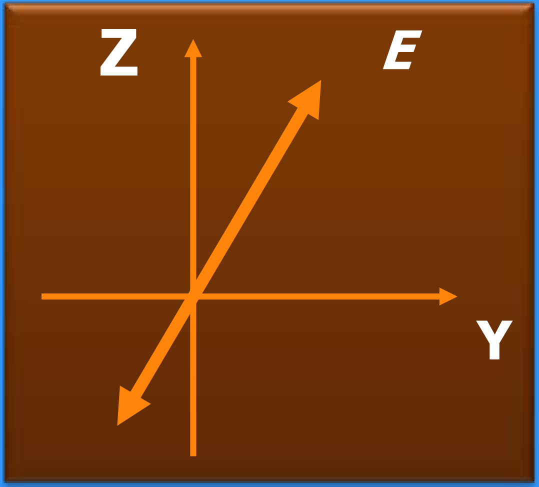
в$_1$) Линейно поляризирана светлина:

$$\frac{E_z^2}{E_{0z}^2} - 2\frac{E_z}{E_{0z}}.\frac{E_y}{E_{0y}}.\cos\delta + \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}.\cos^2\delta = \left(1 - \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}\right).\sin^2\delta$$

- δ е четно число π

$\delta = 2m\pi$, m= 0,1,2,......

$$\left(\frac{E_z}{E_{0z}} - \frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 = 0$$



$$E_z = \frac{E_{0z}}{E_{0y}}.E_y$$

уравнение на права

$$\frac{E_z^2}{E_{0z}^2} - 2\frac{E_z}{E_{0z}}.\frac{E_y}{E_{0y}}.\cos\delta + \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}.\cos^2\delta = \left(1 - \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}\right).\sin^2\delta$$

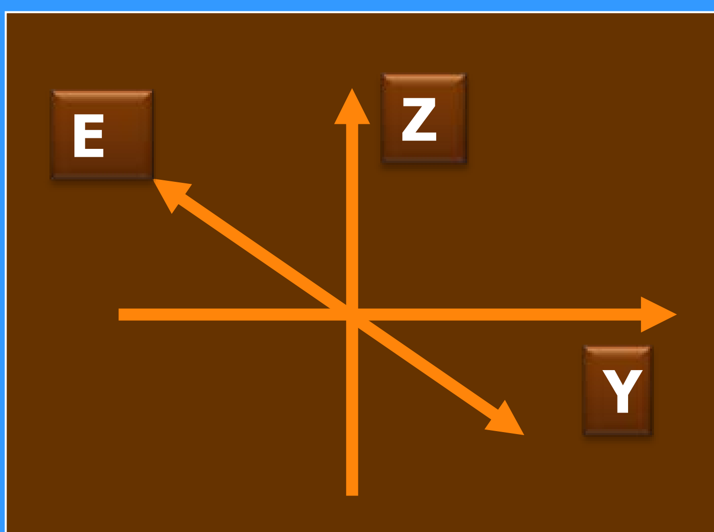
- δ е нечетно число π

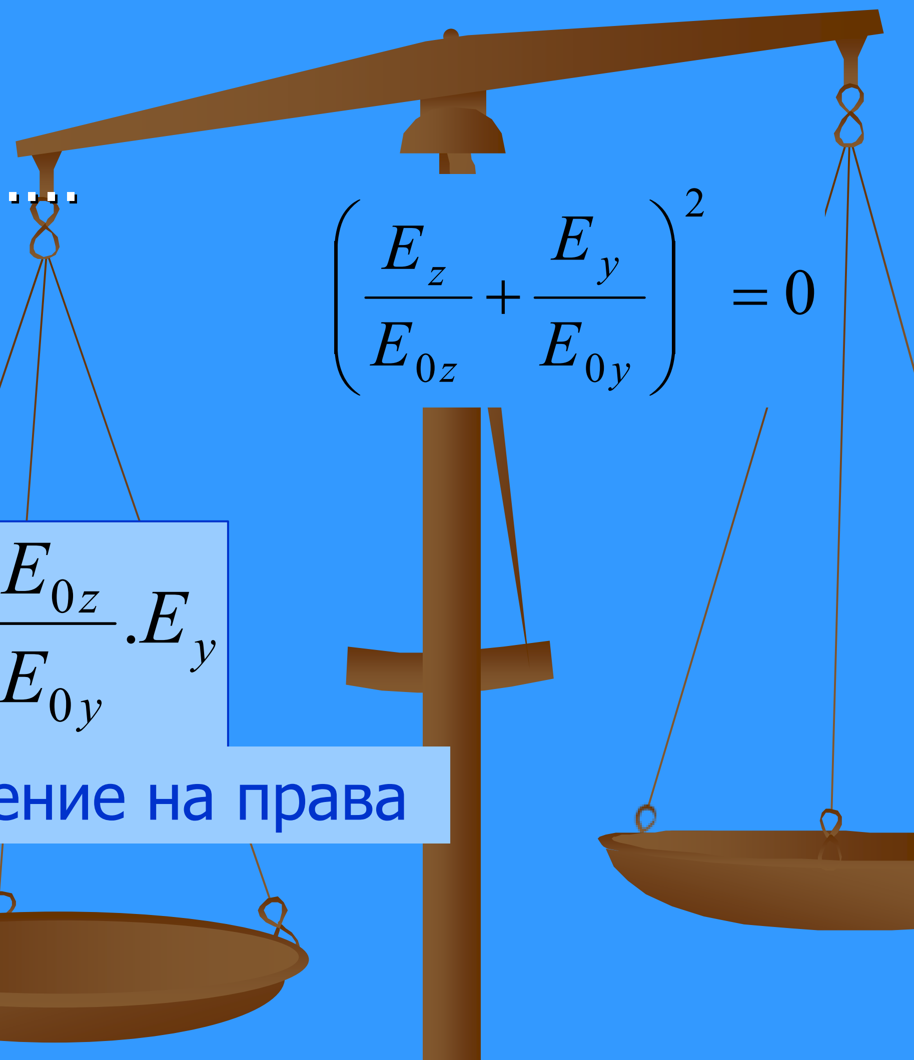
$\delta = (2m+1)\pi$, m = 0,1,2,......

$$\left(\frac{E_z}{E_{0z}} + \frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 = 0$$

$$E_z = -\frac{E_{0z}}{E_{0y}}.E_y$$

уравнение на права





в$_2$) Елиптично поляризирана светлина

$$\frac{E_z^2}{E_{0z}^2} - 2\frac{E_z}{E_{0z}}.\frac{E_y}{E_{0y}}.\cos\delta + \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}.\cos^2\delta = \left(1 - \frac{E_y^2}{E_{0y}^2}\right).\sin^2\delta$$

- δ е нечетно число $\pi/2$

$\delta = (2m+1).\pi/2$, m= 0,1,2,......

$$\left(\frac{E_z}{E_{0z}}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{E_{0y}}\right)^2 = 1$$

- уравнение на елипса с полуоси E_{0y} и E_{0z} върху ос Y и Z.

Кръгово поляризирана светлина – $E_{0x} = E_{0y} = E_0$

$$E_z^2 + E_y^2 = E_0^2$$

- уравнение на окръжност.

Ляво поляризирана светлина - E се завърта по посока на часовниковата стрелка.

Дясно поляризирана светлина - E се завърта по посока обратна на часовниковата стрелка.

◊ **Естествена светлина (неполяризирана)** – посоката на ***E*** претърпява хаотични изменения.

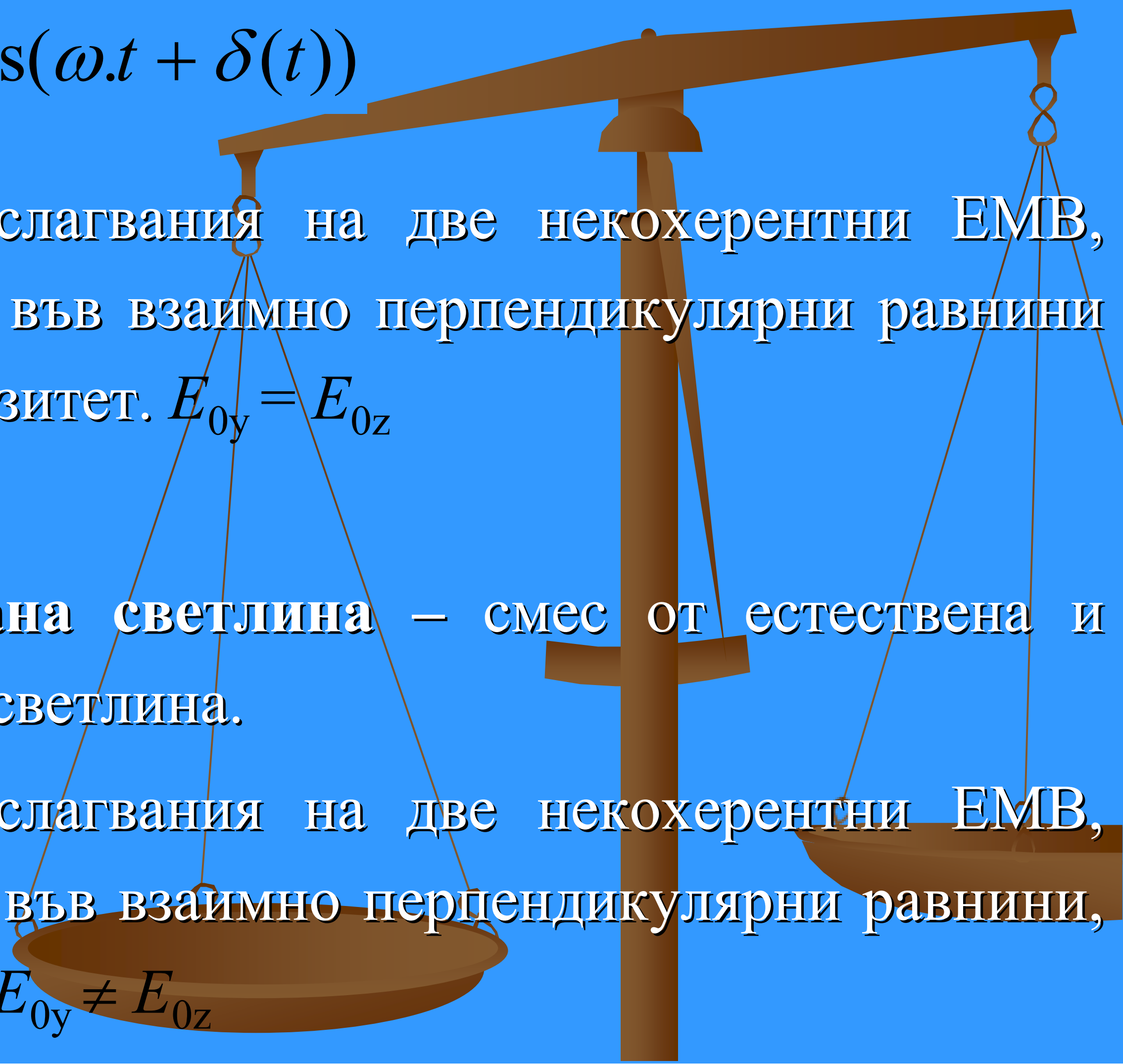
$$E_1 = E_y\left(x,t\right) = E_{0y}.\cos\omega.t$$

$$E_2 = E_z\left(x,t\right) = E_{0z}.\cos(\omega.t + \delta(t))$$

Представя се като наслагвания на две некохерентни ЕМВ, линейно поляризирани във взаимно перпендикулярни равнини и имащи еднакъв интензитет. $E_{0y} = E_{0z}$

◊ **Частично поляризирана светлина** – смес от естествена и линейно поляризирана светлина.

Представя се като наслагвания на две некохерентни ЕМВ, линейно поляризирани във взаимно перпендикулярни равнини, с различен интензитет. $E_{0y} \neq E_{0z}$



◊ **Поляризатор** – прибор, свободно пропускащ трептенията в равнината на поляризатора и напълно или частично задържащ трептенията в перпендикулярната равнина.

Степен на поляризация :

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

При въртене на поляризатора около *к* , интензитетът на преминалата светлина се променя от *Imin* до *Imax*:

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

- За плоско поляризирана светлина

  $Imin = 0$, $P=1$;

- За частично поляризирана:

  $Imin \neq Imax$, $P = 0 \div 1$;

- За естествена светлина:

  $Imin = Imax$, $P=0$;

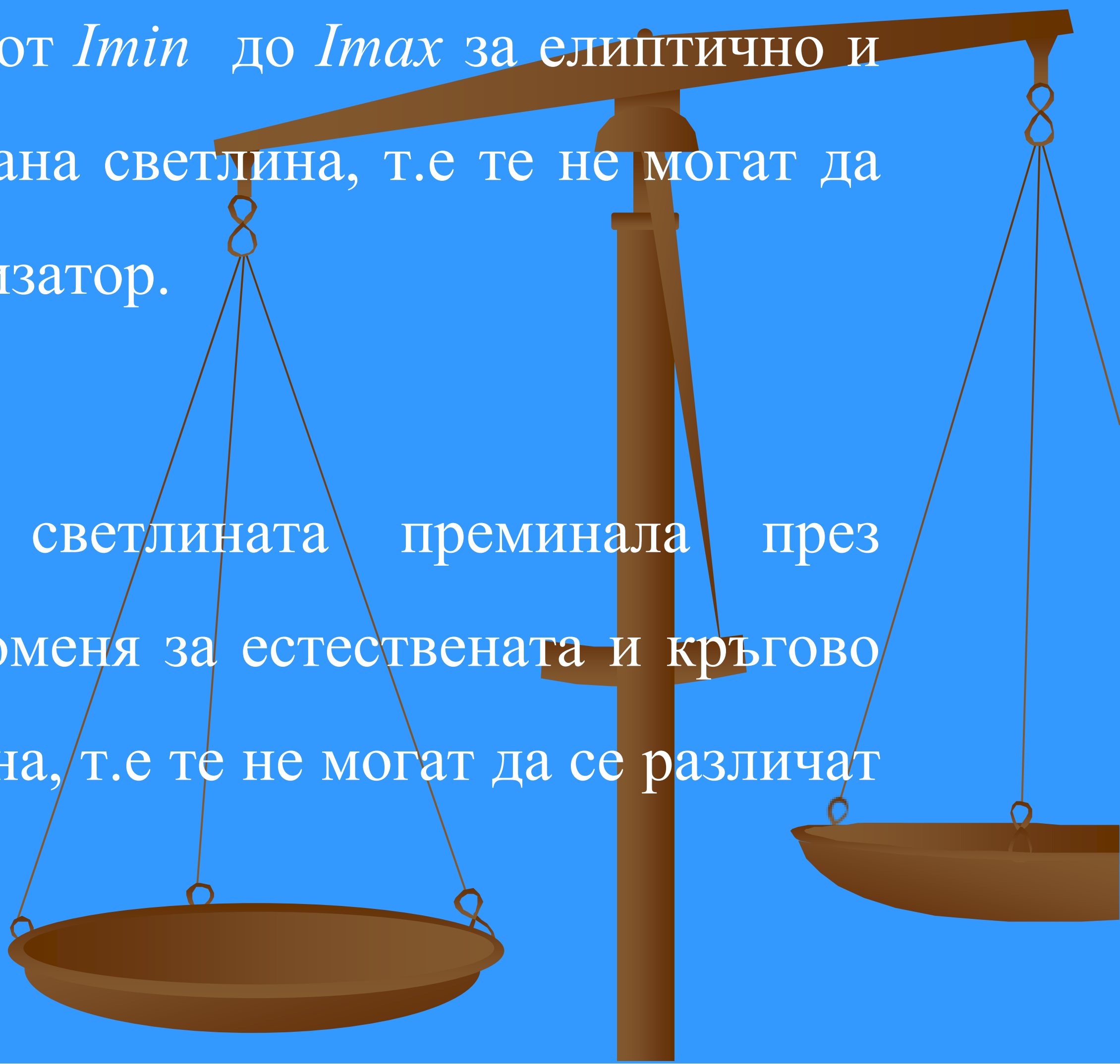
- За елиптично поляризирана светлина:

  P не се дефинира.

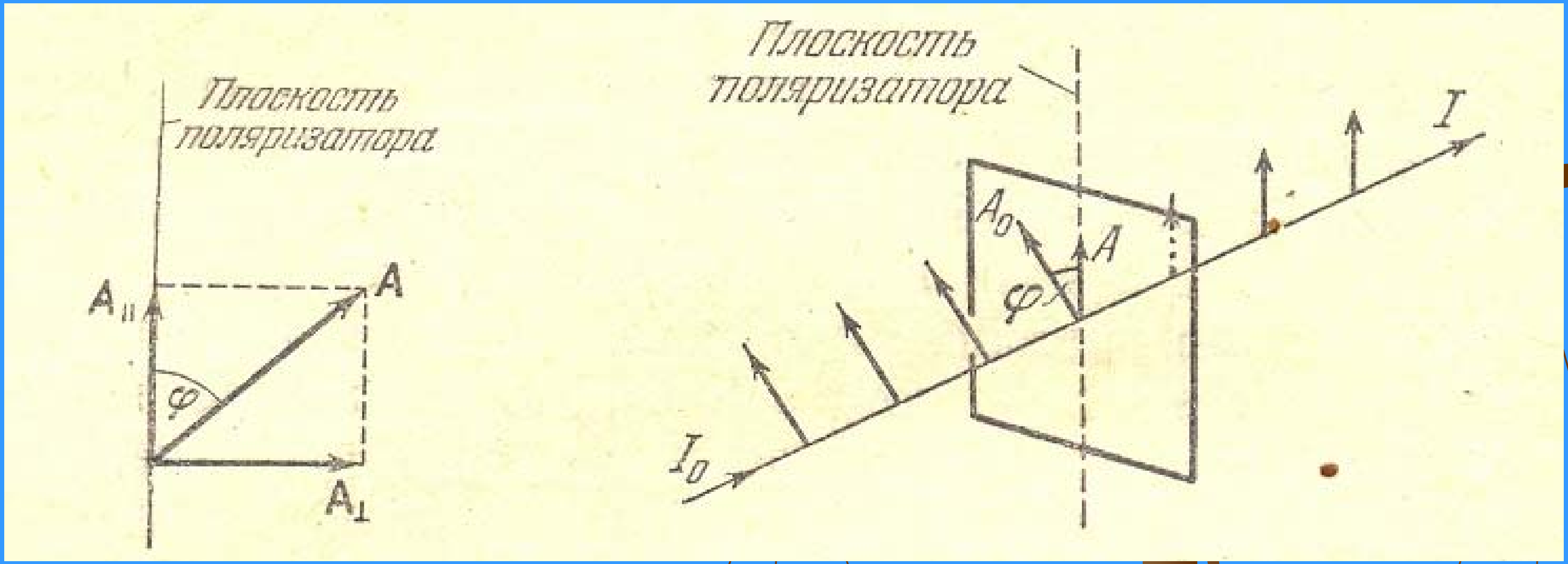
При въртене на поляризатора:

- Интезитетът се мени от *Imin* до *Imax* за елиптично и за частично поляризирана светлина, т.е те не могат да се различат чрез поляризатор.

- Интензитетът на светлината преминала през поляризатора не се променя за естествената и кръгово поляризираната светлина, т.е те не могат да се различат чрез поляризатор.



3. Закон на Малюс



$$E = E_0 . \cos\varphi$$

$$E^2 = E_0^2 . \cos^2\varphi$$

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

I – интензитет на преминалата светлина през идеален поляризатор.

Разглеждаме система от два поляризатора P_1 и P_2.

Върху P_1 пада естествена светлина с интензитет I_0.

P_1: $$I_1 = I_0.\langle\cos^2\varphi\rangle = \frac{1}{2}I_0$$

- всички ъгли са равновероятни

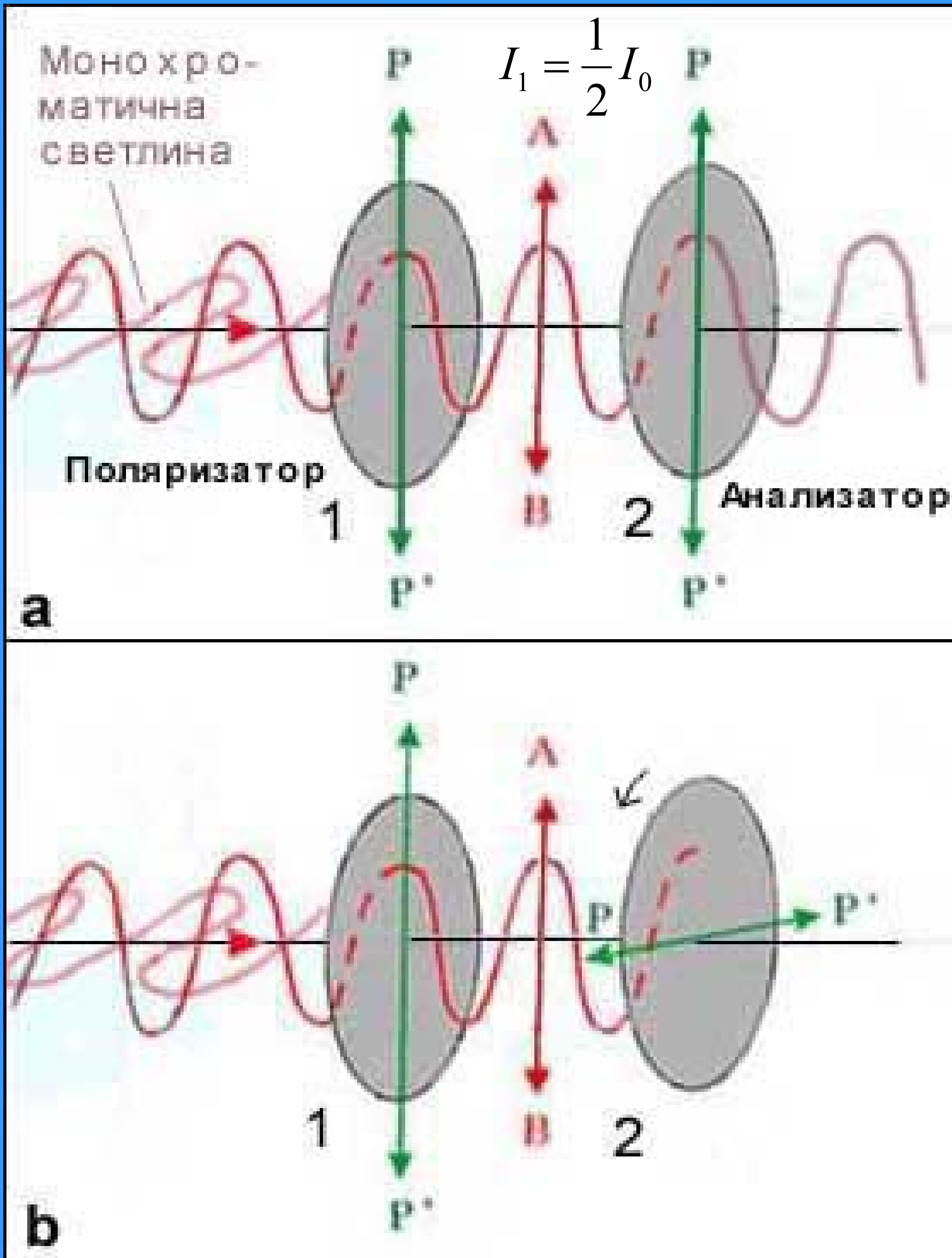
P_2: $$I_2 = I_1.\cos^2\varphi = \frac{I_0}{2}\cos^2\varphi$$

Успоредни поляризатори:
P1 || P2 $\Rightarrow \varphi = 0$

$$I_2 = \frac{I_0}{2}$$

Кръстосани поляризатори:
P1 $\perp$ P2 $\Rightarrow \varphi = 90°$

$$I_2 = 0$$



Успоредни поляризатори:

P1 || P2 $\Rightarrow \varphi = 0$

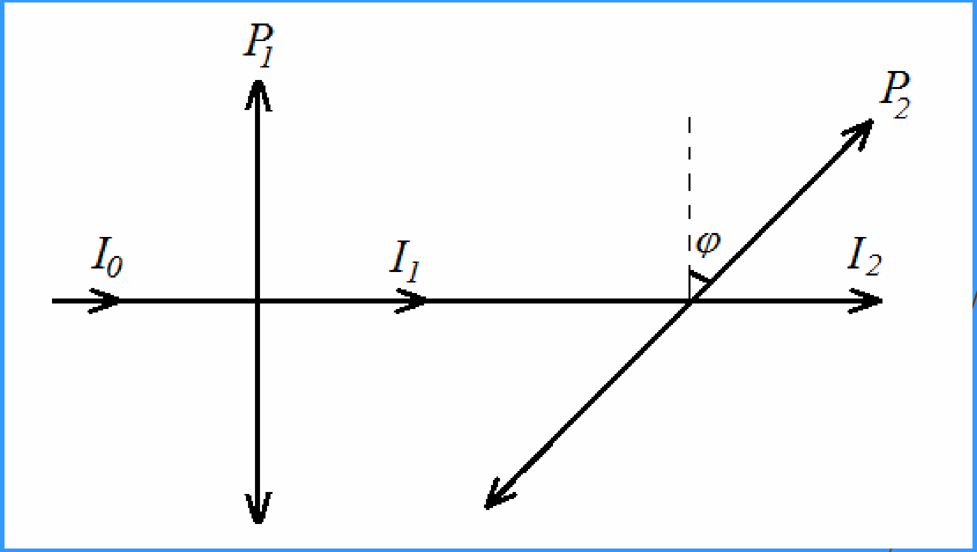
$$I_2 = \frac{I_0}{2}$$

Кръстосани поляризатори:

P1 ⊥ P2 $\Rightarrow \varphi = 90^{\circ}$

$$I_2 = 0$$

Задача 1. Върху система от два идеални поляризатора, чиито равнини на пропускане са завъртяни една спрямо друга на ъгъл $\varphi = 45^o$ пада сноп естествена светлина. Определете каква част от интензитета на падналата светлина ще премине през двата поляризатора. Да се определи отношението (I_2 / I_0).



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

$$I_2 = I_1 \cos^2 \varphi$$

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

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

$$\frac{I_2}{I_0} = \frac{1}{2} \cos^2 45^\circ = \frac{1}{2} . \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \right)^2 = 0{,}25$$