

**Лекция – 9. ИЗОТРОП ОРТАДАҒЫ ЖАРЫҚТЫҢ ТАРАЛУЫ, СЫНУЫ ЖӘНЕ ШАҒЫЛУЫ.** Оптикадағы поляризация түсінігі. Электромагниттік толқындардың поляризациясы. Сызықты, циркулярлы, эллипстік поляризацияланған және поляризацияланбаған сәулелерді көрнекі бейнелеу.

Жарық толқыны электр және магнит өрістерінің  $\mathbf{E}$  және  $\mathbf{H}$ , кернеуліктері өзара перпендикуляр, әрі жарық сәулесі бағытына ( $\mathbf{k}$  толқындық векторға немесе толқынның  $\mathbf{v}$  таралу жылдамдығына) перпендикуляр жазықтықта тербеліс жасайды.  $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{H}$  және  $\mathbf{k}$  векторлары оң бұрандалық жүйе құрап тұрады. Сондықтан, егер толқынның бағыты ( $\mathbf{k}$  және кернеулік  $\mathbf{E}$  векторларының (немесе  $\mathbf{H}$ ) біреуінің бағыты белгілі болса, онда басқа кернеуліктің бағытын анықтау қиын емес. Электромагниттік толқынның электр өрісінің кернеулігі ғана қарастырылады және оны **жарық векторы** деп атайды.

**Жарықтың поляризациясы** деп жарық толқындарының көлденеңдігі қалайда білінетін толқындық оптика құбылыстарының жиынтығын айтады.

**Поляризацияланған жарық** деп жарық векторының тербелісі белгілі бір бағытта реттелген жарық толқынын айтады.

**Табиғи жарықта** - жарық векторының тербелістері ортаның кезкелген нүктесінде барлық мүмкін болатын бағыттарда, бірін-бірі тез, әрі бейберекет алмастырып отырып, жасалады.

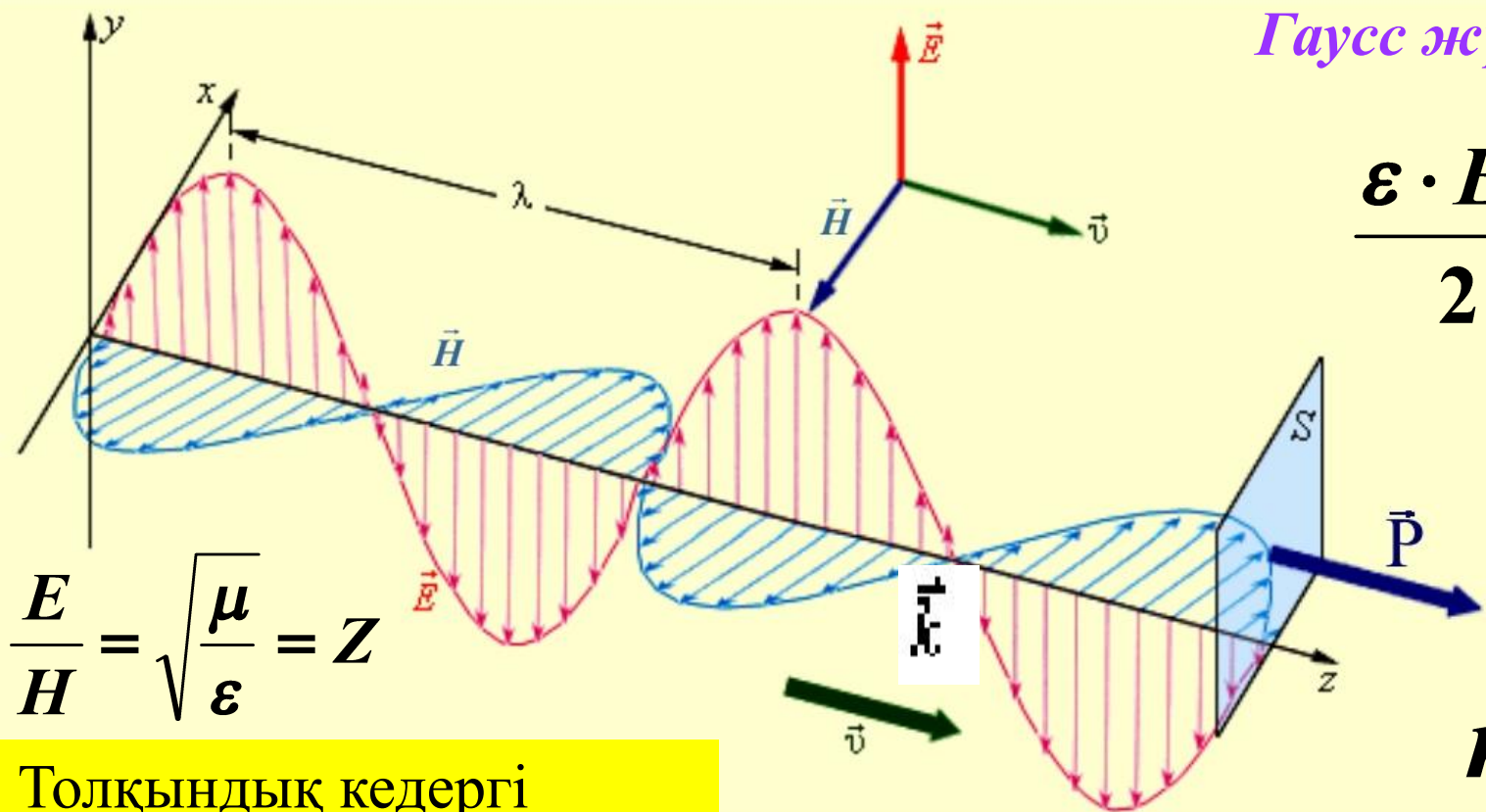
Толқынның электр  $\vec{E}$  (жарық) векторының тербелістері қалайда бір жолмен реттелген болса, онда мұндай толқын **поляризацияланған** деп аталады. Егер  $\vec{E}$  векторының тербелістері сәуле арқылы (яғни толқын шебіне нормаль  $\vec{k}$  арқылы) өтетін тек бір жазықтықта  $[(\vec{k}, \vec{E})$  жазықтығы] жасалатын болса, онда толқын **жазық** (немесе **сызықты**) поляризацияланған толқын болады.



# Поляризация жазықтығы

[(  $k$  ,  $E$  ) арқылы өтетін жазықтығы] *поляризация жазықтығы деп атайды.* Энергия тасымалдау бағыты мен жарықтың таралу бағыты Пойнтинг  $P$  векторының бағытымен сәйкес және  $E$   $H$  векторларының жазықтығына перпендикуляр болады.

*Изотропты ортада Гаусс жүйесінде:*



$$\frac{\epsilon \cdot E^2}{2} = \frac{\mu \cdot H^2}{2}$$

$$D = \epsilon E$$

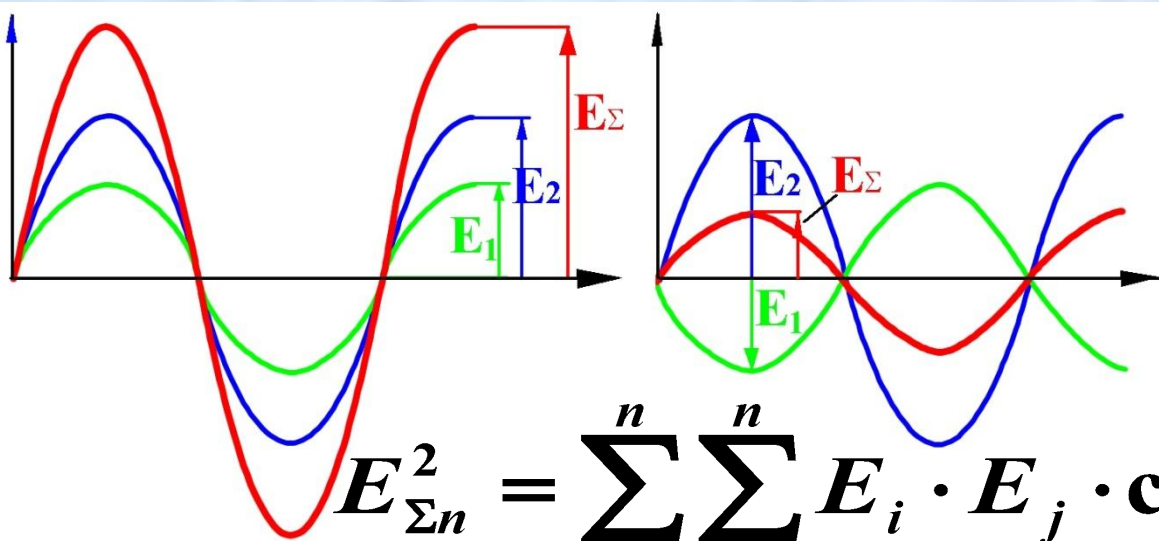
$$B = \mu H$$

$$n = \sqrt{\mu \epsilon}$$

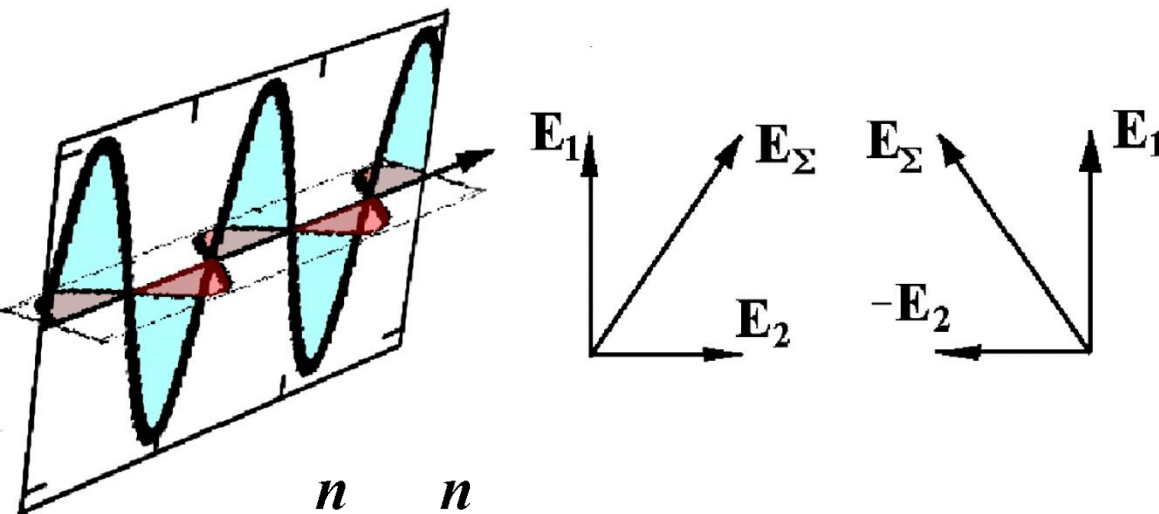
$$\frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = Z$$

Толқындық кедергі

# Поляризацияланған толқындардың таралуы



$$E_{\Sigma n}^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n E_i \cdot E_j \cdot \cos(\varphi_i - \varphi_j)$$



$$E_{\Sigma n}^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n E_i \cdot E_j \cdot \cos(\varphi_i - \varphi_j) \cdot \cos(\alpha_i - \alpha_j)$$

Егер  $E$  векторы бір жазықтықта жатса қорытқы толқын әр толқынның алгебралық қосындысына тең. Фазалар айырымын ескере отырып  $j_i - j_j$   $n$  толқынның қосындысы келесі формуламен беріледі:

Егер  $E$  векторы әр түрлі жазықтықта жатса, қорытқы толқын әр толқынның алгебралық қосындысына тең. Фазалар айырымын  $j_i - j_j$  және бұрыштық айырымын  $(\alpha_i - \alpha_j)$  ескере отырып  $E$  векторының тербелу жазықтығы



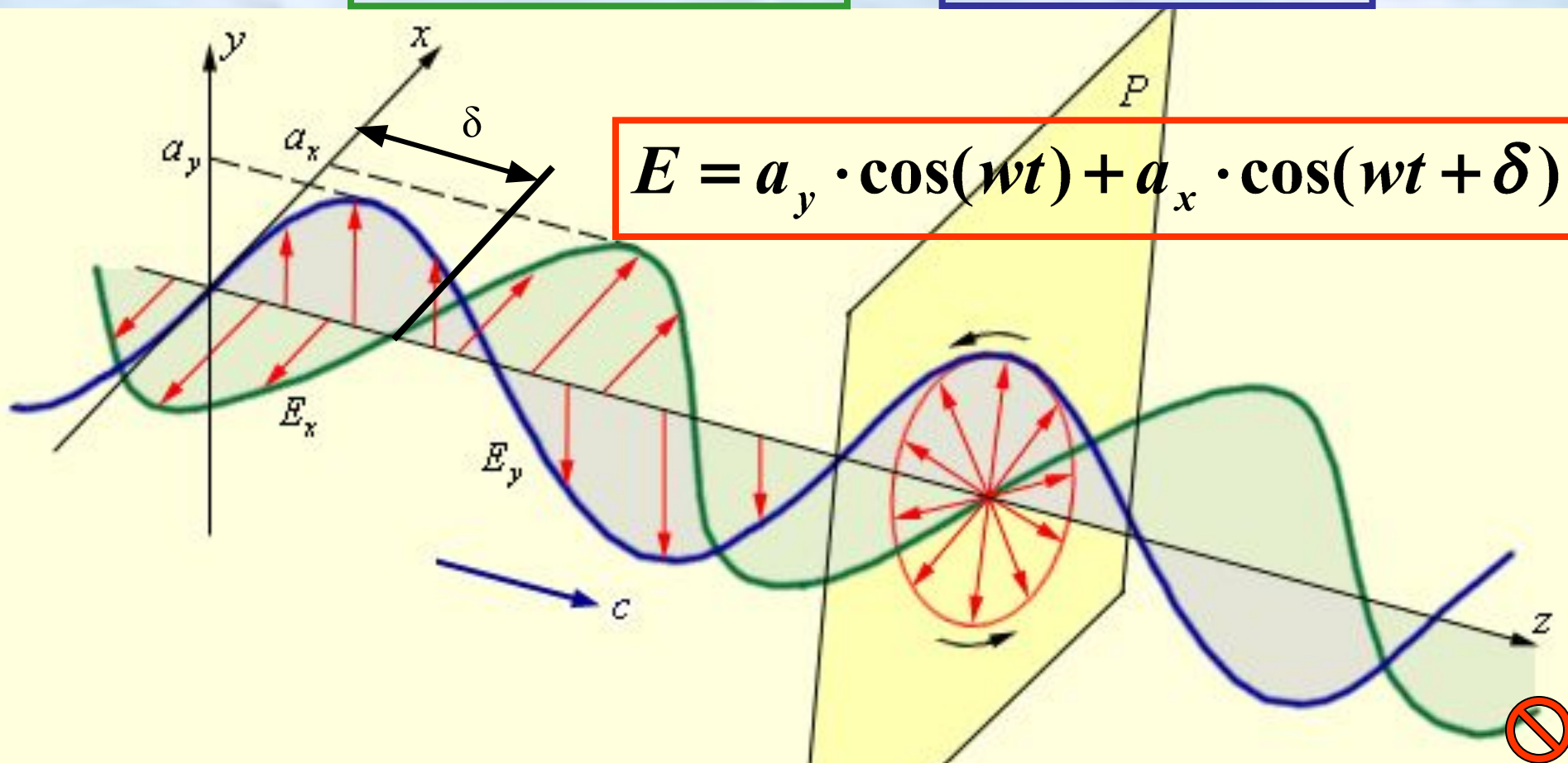
## Екі толқындар арқылы сипаттау


$E$  векторының тербелу жазықтығы тербелу процессі кезінде бағытын өзгертуі мүмкін және бір период ішінде эллипс немесе шеңбер жасайды. Поляризация күйін  $\delta$  бұрышпен ығысқан екі сызықты вектордың қосындысы ретінде қарастырған жөн.


$$E_x = a_x \cdot \cos(\omega t + \delta)$$

$$E_y = a_y \cdot \cos(\omega t)$$

$$E = a_y \cdot \cos(\omega t) + a_x \cdot \cos(\omega t + \delta)$$



 векторы тербеліс жасайтын жазықтық поляризация жазықтығы (жарық векторының тербеліс жазықтығы) деп аталады. Поляризацияның басқа түрінде

 векторы толқынның таралу бағытын ось етіп айналады және сонымен қатар модулі бойынша периодты өзгереді. Осы жағдайда векторының ұшы эллипс сызады (ортаның әрбір нүктесінде). Осындай толқынды эллипстік поляризацияланған толқын деп атайды. Немесе, егер векторының ұшы шеңбер сызатын болса, онда толқын дөңгелек бойынша поляризацияланған болады.



$\vec{E}$  векторының бағытына байланысты оң және сол эллипстік немесе дөңгелек поляризациялар болып бөлінеді. Егер толқынның таралу бағытына қарсы қарайтын болсақ, және  $\vec{E}$  векторы осы жағдайда сағат тілі бойынша бұрылатын болса, онда **поляризация оң**, ал бұған кері жағдайда (сағат тіліне қарсы бағытта) — **сол поляризация** деп аталады.

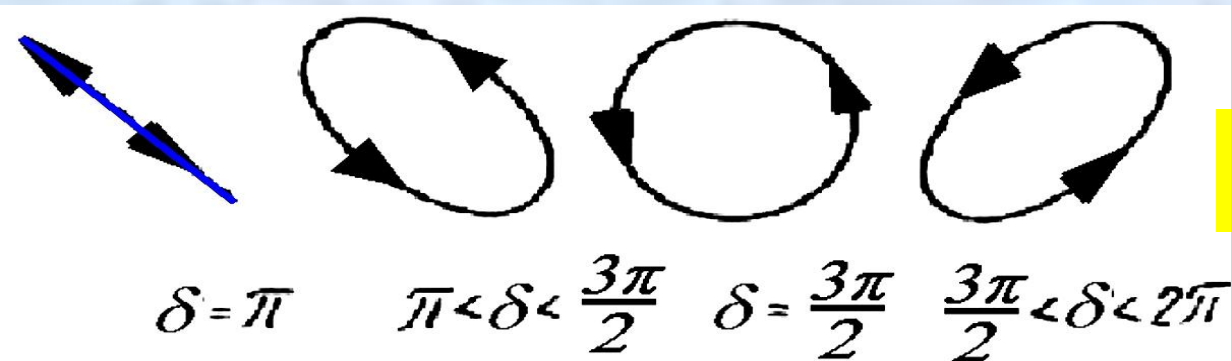
Сызықты-  
поляризацияланған

Эллипсты-  
поляризацияланған

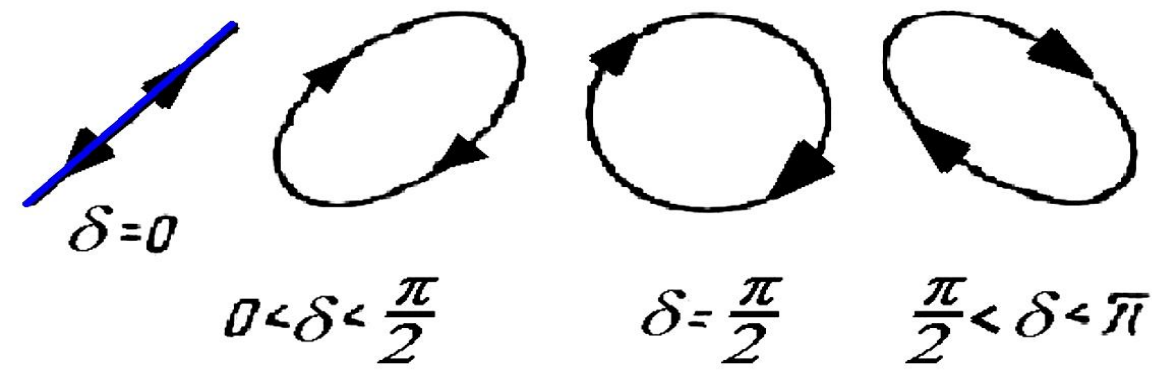
Шеңбер  
бойымен

Эллипсты-  
поляризацияланған

# Поляризация түрлері



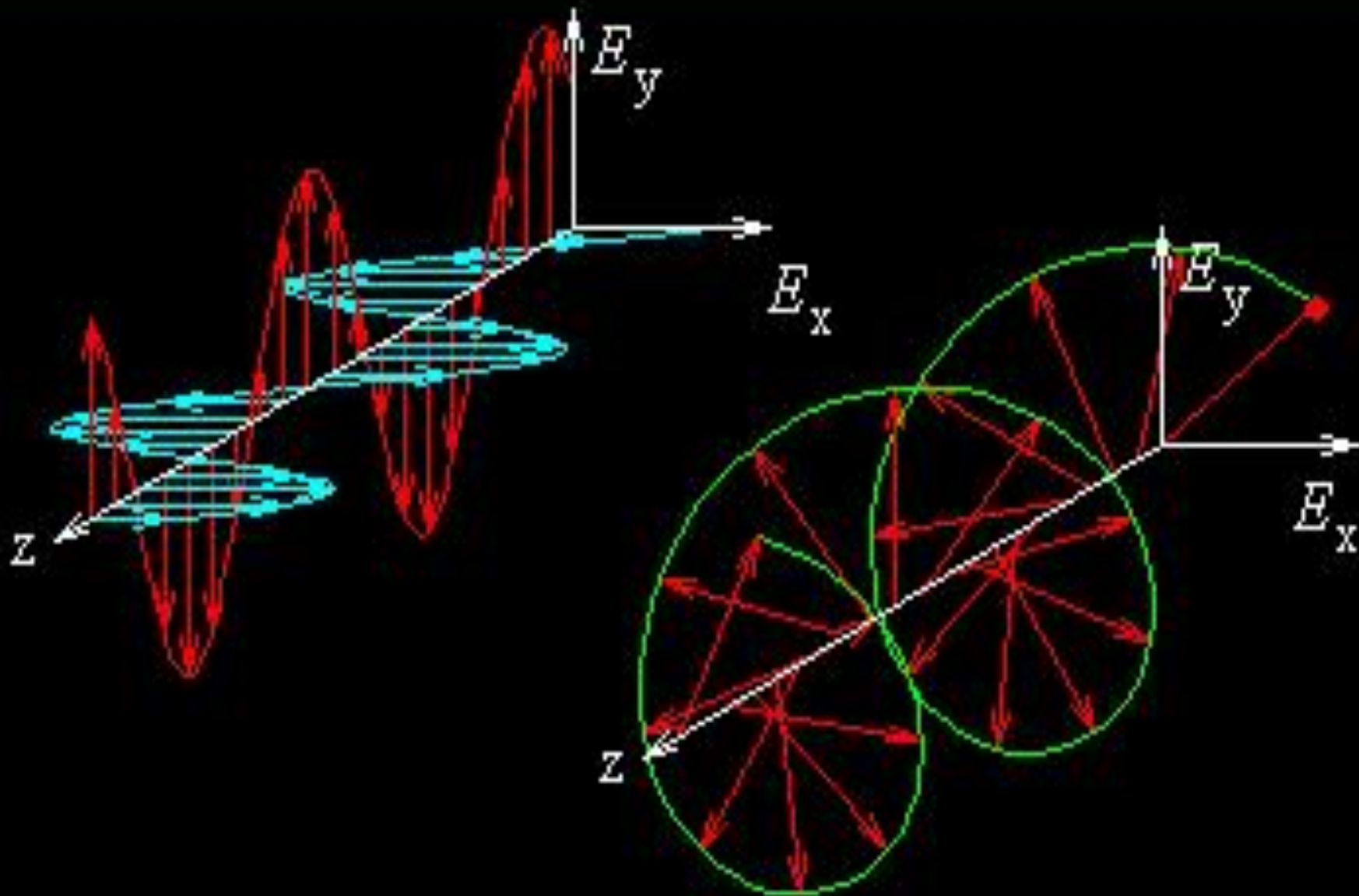
Сол айналымды



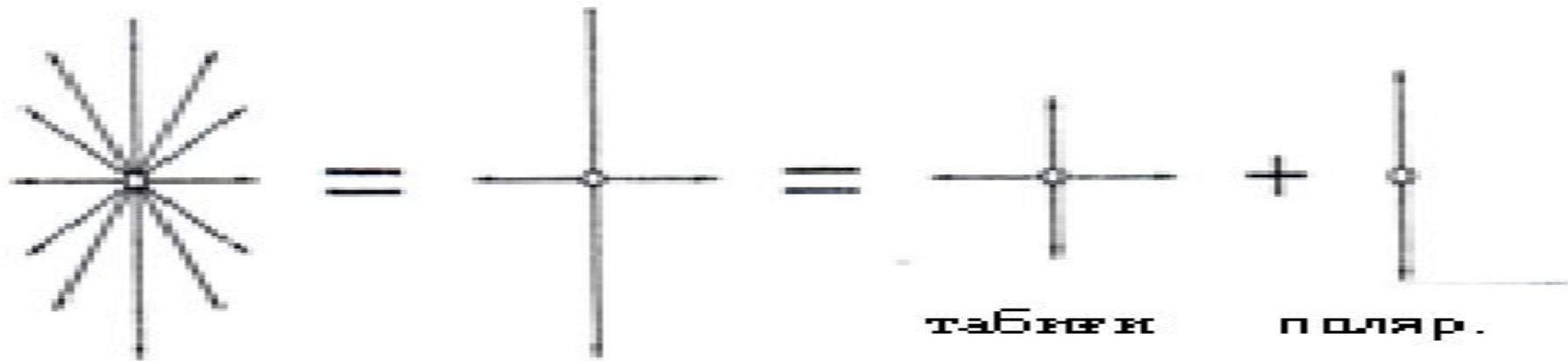
Оң айналымды



# Шеңбер бойымен поляризацияланған



**Эллипстік поляризация – бұл сызықтық және дөңгелекше поляризацияға ауысатын толқын поляризациясының жалпы түрі. Эллипстік поляризацияланған толқынды әрқашан сызықты поляризацияланған өзара перпендикуляр екі толқынға жіктеуге болады. Және осы екі толқынның фазалар айырымы уақыт өткенде тұрақты болып сақталады. Толқындар когерентті болмаған жағдайда бұлардың фазалар айырымы уақытқа байланысты бейберекет өзгереді.**



1 - сурет

вертикаль тербелістерге максимум интенсивтік, горизонталь тербелістерге - минимум интенсивтік сәйкес келеді. Мұны поляризатор көмегімен анықтауға болады. Ішінара поляризацияланған жарықты поляризация дәрежесімен сипаттайды, ол былай анықталады:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{I_{\text{пол}}}{I_0} \quad (1)$$

мұндағы  $I_{\text{пол}}$  - поляризацияланған құраушы интенсивтігі,  $I_0 = I_{\max} + I_{\min}$  - поляризацияланған жарықтың толық интенсивтігі. Жазық поляризацияланған жарық үшін ( $I_{\text{пол}} = I_0$ ) поляризация дәрежесі  $P = 1$ , табиғи жарық үшін ( $I_{\text{пол}} = 0$ )  $P = 0$ . Бұл екі шеткі жағдай.

**Малюс**

**заңы**

Егер қандайда бір поляризациялық аспап жазық поляризацияланған сәулені алу үшін қолданылатын болса, онда ол **поляризатор** деп, ал егер осы аспап поляризацияланған сәулені зерттеу (талдау) үшін пайдаланылса, - **анализатор** деп аталады. Поляризаторларды зерттелетін жарықтың поляризациясының түрі мен дәрежесін анықтау үшін – анализаторлар ретінде қолдануға болады.

Поляризаторға (анализаторға)  
интенсивтігі  $I_0$  жазық  
поляризацияланған сәуле түседі дейік;  
және поляризатордың (анализатордың)  
өткізу жазықтығы түсетін сәуленің  
векторының тербеліс жазықтығымен  $\alpha$   
бұрыш жасайтын болсын (2а-сурет).  
Түсетін жазық поляризацияланған  
сәуледегі электрлік тербелістердің  $E_0$   
амплитудасын  $E_{II} = E_0 \cos \alpha$  және  $E_{\perp} = E_0 \sin \alpha$  екі  
құраушыға жіктейміз.



Поляризатор (анализатор) арқылы бірінші тербеліс ( $E_{\parallel}$ ) өтеді, ал екінші тербеліс ( $E_{\perp}$ ) өтпейді. Поляризаторға түсетін толқын интенсивтігі амплитуда квадратына пропорционал ( $I_0 \sim E_0^2$ ) болатындықтан, поляризатор арқылы өткен толқын интенсивтігі  $E_{\parallel}$ -тың квадратына пропорционал ( $I \sim E_{\parallel}^2$ ) болады, яғни  $E_{\parallel}^2 = E_0^2 \cos^2 \alpha \Rightarrow I = I_0 \cos^2 \alpha$  (2)

**Малюс заңы** деп аталады

**Малюс** 1810 ж. сәулені өсь етіп поляризаторды айналдырғанда, түсетін сәуле жазық поляризацияланған болса, онда өткен жарықтың  $I_0$  интенсивтігі нөлден бастап ( $\alpha=90^0$ )  $I_0$ -ге дейін ( $\alpha=0^0$  болғанда) өзгертіндігін анықтаған.