

# 1-ДӘРІС



---

Асқарұлы Қыдыр  
PhD., қауымдастырылған профессор

## *Жарық толқындарының қасиеттері*

### *Жарықтың электромагниттік табиғаты*

Толқындық теңдеу. Кез келген электромагниттік толқындар вакуумда тұрақты жылдамдықпен тарайды:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

Максвеллше жарықтың табиғаты электромагниттік болады және вакуумде  $c$  тұрақты жарық жылдамдығымен тарайды, ал ортадағы жарық жылдамдығы мынаған тең:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}}, \quad (4.1)$$

мұндағы  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ ,  $\mu_0 = 12,56 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$  – тұрақты шамалар, ал  $\varepsilon$  және  $\mu$  – заттың диэлектрлік және магнит өтімділігі.  $n = \sqrt{\varepsilon \mu}$  – мөлдір диэлектриктің сыну көрсеткіші деп аталады, мұндай заттардың көпшілігі үшін  $\mu = 1$ , яғни  $n = \sqrt{\varepsilon}$ , онда

$$v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}.$$

Бұдан жарық толқынының ұзындығы вакуумнан затқа өткенде өзгереді деген қорытынды шығады. Өйткені,  $\nu = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$ , онда вакуумда  $c = \lambda_0\nu$ , ал

$$\nu = \frac{c}{n}, \text{ демек}$$

$$\lambda = \frac{\nu}{\nu} = \frac{c}{n\nu} = \frac{\lambda_0}{n}.$$

(4.2)

Вакуумдағы жарық толқынының ұзындығы

$$\lambda_0 = (0,40 \div 0,76) \text{ мкм}$$

аралықта жатады, сондықтан олардың жиілігі

$$\nu = (0,39 \div 0,75) 10^{15} \text{ Гц}.$$

Максвелл теңдеулерінен жарық толқындарының түбегейлі қасиеттері шығады: олардың көлденеңдігі, бойлық құраушысының болмауы, ортогоналдылығы ( $\vec{E} \perp \vec{H}$ ). Электромагнитті толқындар сфералық (цилиндрлік), жазық болып бөлінеді және олардың әрқайсысы монохроматты ( $\omega = \text{const}$ ) болуы мүмкін.

Қарапайым, сонымен бірге дербес түрі ретінде гармониялық осциллятор шығаратын жазық монохроматты электромагниттік толқынды қарастырайық:

$$\begin{aligned} E &= E_0 \cos \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) \\ H &= H_0 \cos \omega \left( t - \frac{x}{v} \right) \end{aligned}, \quad (4.3)$$

мұндағы  $E_0$  және  $H_0$  – электр  $\vec{E}$  және магнит  $\vec{H}$  өрістерінің кернеулік векторларының амплитудалық мәндері;  $\omega$  – тербелістің циклдік жиілігі:

$\omega = 2\pi\nu = 2\pi \frac{v}{\lambda} = 2\pi \frac{1}{T}$ ;  $v$  – ОХ осі бойынша оң бағытта берілген затта таралған

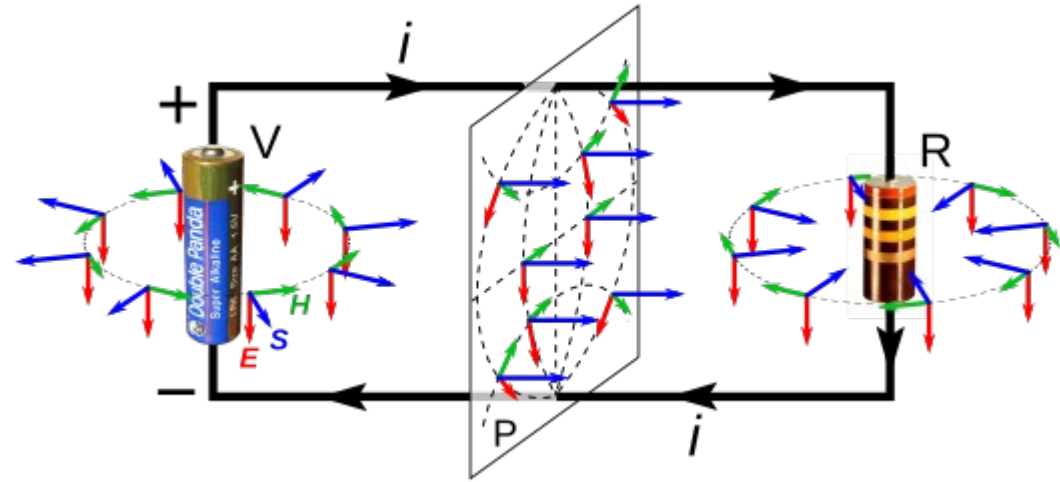
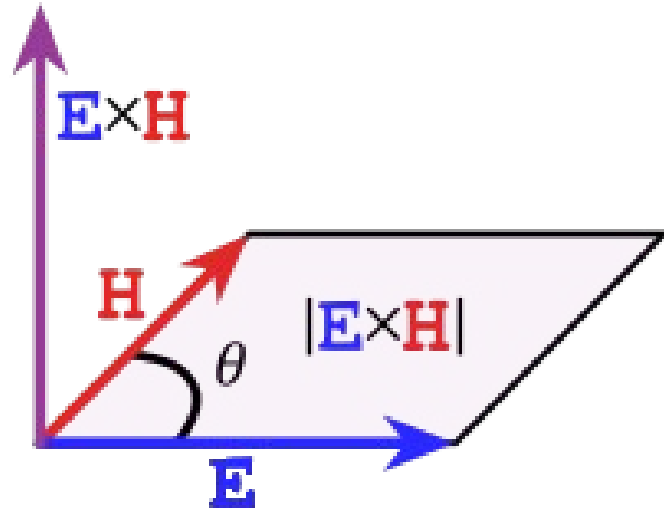
толқынның жылдамдығы.

Жарық толқынының өзімен бірге тасымалдайтын энергиясы энергия ағынының векторлық тығыздығымен (Умов-Пойнтинг векторымен) сипатталады:

$$\vec{S} = \left[ \vec{E} \vec{H} \right], \quad (4.4)$$

мұндағы  $\vec{S}$  – берілген уақыт мезетіндегі кеңістіктің әрбір нүктесіндегі энергияның шамасын және таралу бағытын көрсетеді. Изотропты ортада  $\vec{S}$  бағыты толқынның (жарық сәулесінің) таралу бағытына сәйкес келеді, сондықтан  $\vec{E}, \vec{H}, \vec{S}$  векторлары оң бұранда құрайды:  $\vec{E} \perp \vec{H} \perp \vec{S}$  немесе  $\vec{E} \perp \vec{H} \perp \vec{v}$ .

## Умов-Пойнтинг векторы



$V$  батареяны  $R$  резисторына қосатын  $i$  тұрақты ток тізбегі тізбекті қоршап тұрған кеңістіктегі  $s$  нүктелік векторы электр өрісінің кернеулігі  $E$  магнит өрісінің кернеулігі  $H$  Батареяның айналасында умов-Пойнтинг векторы батареядан бағытталған, бұл батареядан энергияны тасымалдауды көрсетеді; резистордың айналасында умов-Пойнтинг векторы резисторға бағытталған, бұл резисторға энергияны тасымалдауды білдіреді; умов — Пойнтинг векторының кез келген жазықтығы арқылы ағыны  $p$  батарея мен резистор арасында-батареядан резисторға бағытталған

Электромагниттік толқындағы  $\vec{E}$  және  $\vec{H}$  векторларының модулдерінің тәуелділігі мынадай:

$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} E_0 = \sqrt{\mu\mu_0} H_0,$$

онда

$$H_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0 = n \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0, \quad (4.5)$$

мұндағы  $n = \sqrt{\varepsilon}$ , яғни  $\mu = 1$  деп қабылданған. (4.4) және (4.5) теңдеулерінен  $\vec{S}$  векторының орташа мәні  $\frac{1}{2} n \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0^2$ -қа тең екендігі шығады, демек  $S_{\min} = 0$ , ал

$$S_{\max} = n \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0^2.$$

S векторының мәндерінің тербелістері  $\vec{E}$  және  $\vec{H}$  тербелістерімен салыстырғанда  $2\omega$  есе жиілікпен жасалады. Энергия ағынының тығыздығы мәндерінің уақыт бойынша жарық толқыны тасымалдайтын  $|\langle \vec{S} \rangle|$  орта модулін кеңістіктің берілген нүктесіндегі *жарық интенсивтігі*  $I$  деп атайды.

$$I = \left| \langle \vec{S} \rangle \right| = \left| \left\langle \begin{bmatrix} \vec{E} & \vec{H} \end{bmatrix} \right\rangle \right|, \quad (4.6)$$

жарық интенсивтігінің сандық мәні

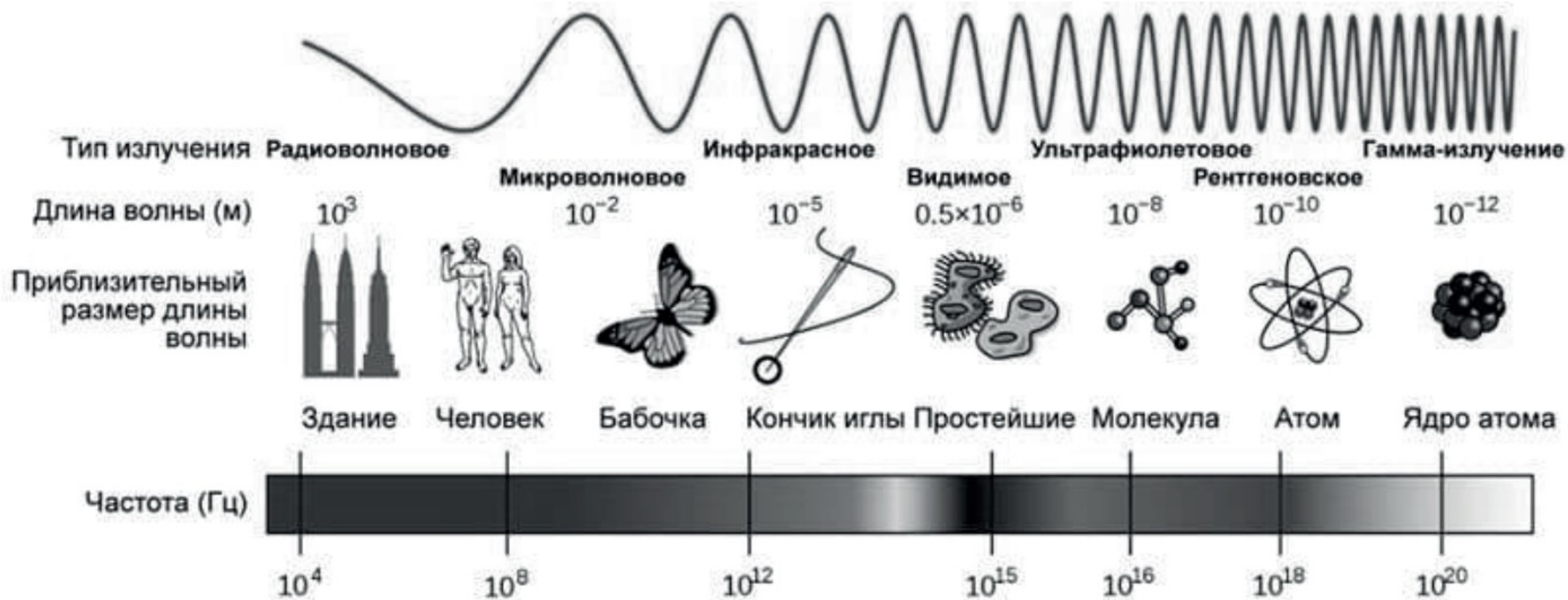
$$I = \frac{1}{2} n \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cdot E_0^2, \quad (4.7)$$

сонымен,  $I \sim nE_0^2$ , ал вакуумдағы жарықтың таралуы кезіндегі мәні

$$I \sim E_0^2. \quad (4.8)$$

Интенсивтік Вт/м<sup>2</sup> немесе лм/м<sup>2</sup> өлшем бірліктерімен анықталады.





## Электромагнітнік талқын шкаласы

## **Бақылау сұрақтары:**

1. Электромагниттік толқындардың қандай қасиеттері сізге белгілі?
2. Қума электромагниттік толқындардың интенсивтігі мен Умов-Пойнтинг векторының арасында қандай байланыс бар?

Назарларыңызға рахмет!