

Қарағанды техникалық университеті

*Дәріс барлық мамандыққа
арналған*

Дәріс тақырыбы: Электрмагниттік толқындар

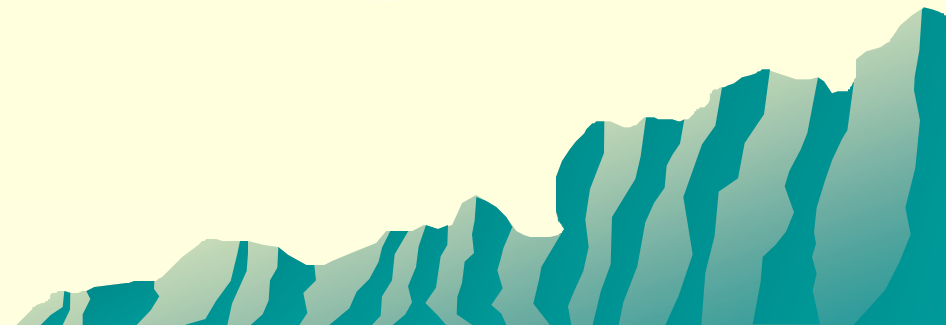


Физика кафедрасының аға оқытушысы,
физика магистрі: Копбалина Қ.Б.



Дәріс жоспары:

1. Электрмагниттік толқындардың қасиеттері;
2. Электрмагниттік энергия ағынының тығыздық векторы. (Умов-Пойтинг векторы);
3. Фотометрия;
4. Геометриялық оптика заңдары.



ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК **ТОЛҚЫН** деп
электрмагниттік өрістің кеңістікте таралуы кезінде
электр және магнит өрістер кернеулігінің белгілі бір
периодты заңдылық бойынша өзгеруін айтамыз.

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



Максвелл теориясынан шығатын аса маңызды салдардың бірі — электромагниттік толқынның таралу жылдамдығының шектілігі. Оның есептеулері бойынша электромагниттік толқынның таралу жылдамдығы:

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

мұндағы $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф / м}$ — электрлік
және $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ Гн / м}$ — магниттік
тұрақтылар. Бұл электромагниттік өрістің іргелі қасиеті.



Электрмагниттік толқынның ортадағы таралу жылдамдығы Максвелл формуласы бойынша анықталады:

$$v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}};$$

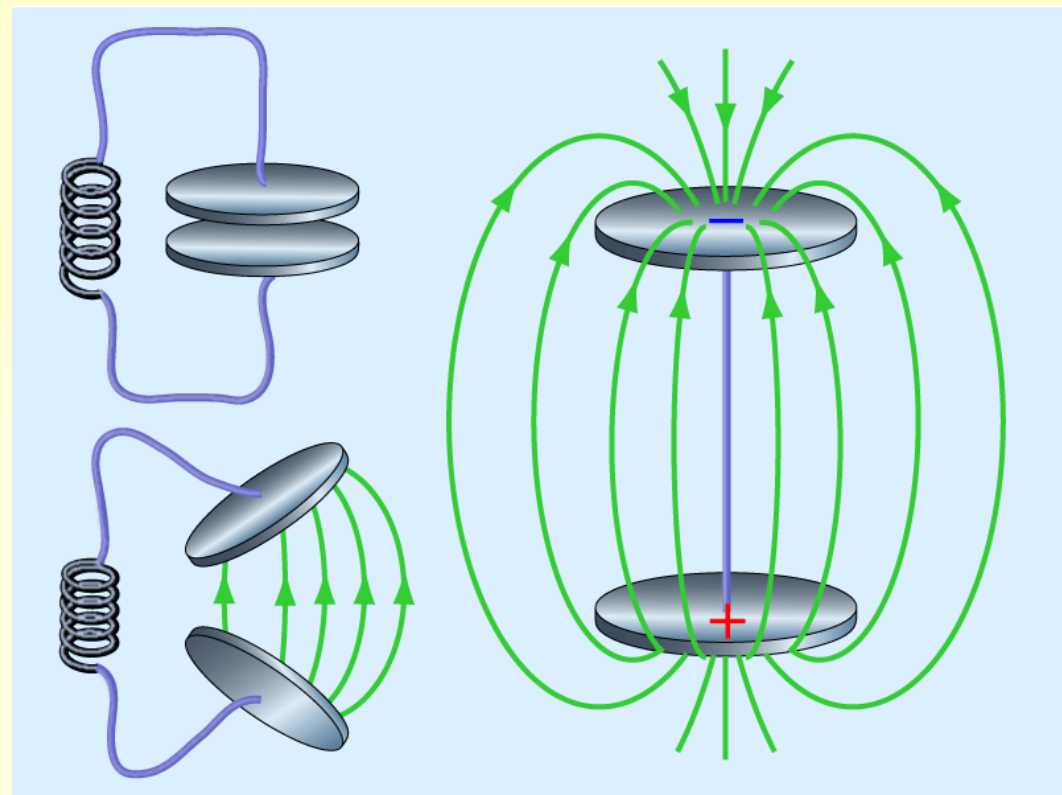
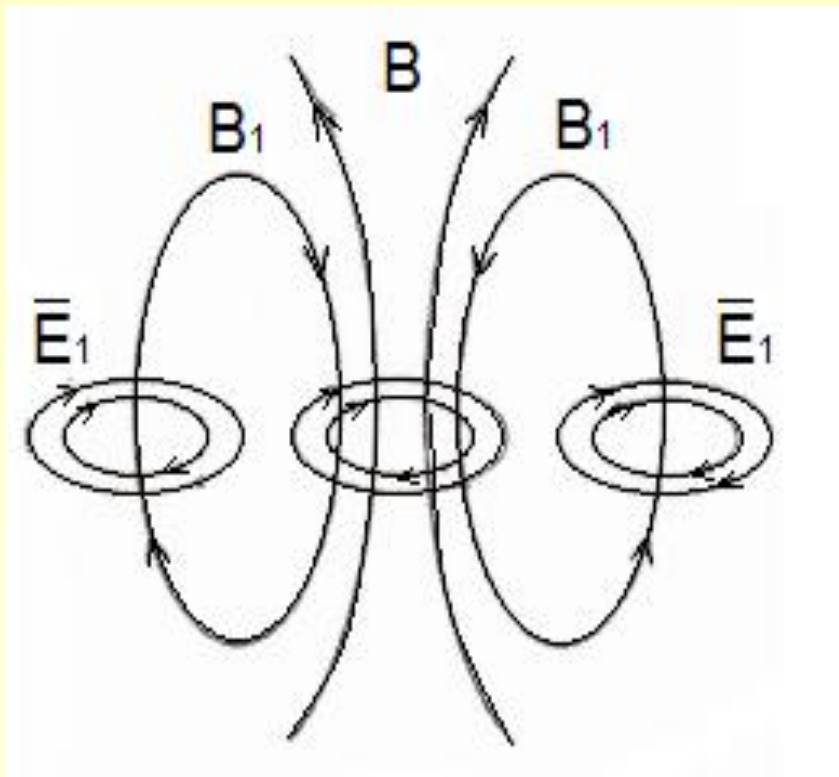
мұндағы n — ортаның сыну көрсеткіші,

ϵ — ортаның диэлектрлік және

μ — магниттік өтімділіктері.



Электрмагниттік толқынның кеңістікте таралу механизмі

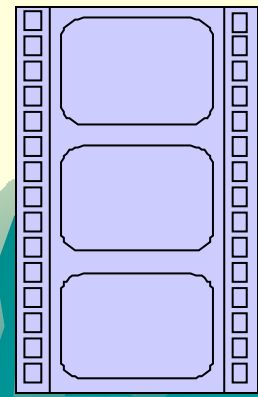


Үш өлшемді (x,y,z) кеңістікке таралған электрмагниттік толқынның таралу жыламдығы мен уақытқа тәуелділігінің толқындық теңдеуі мына түрде жазылады:

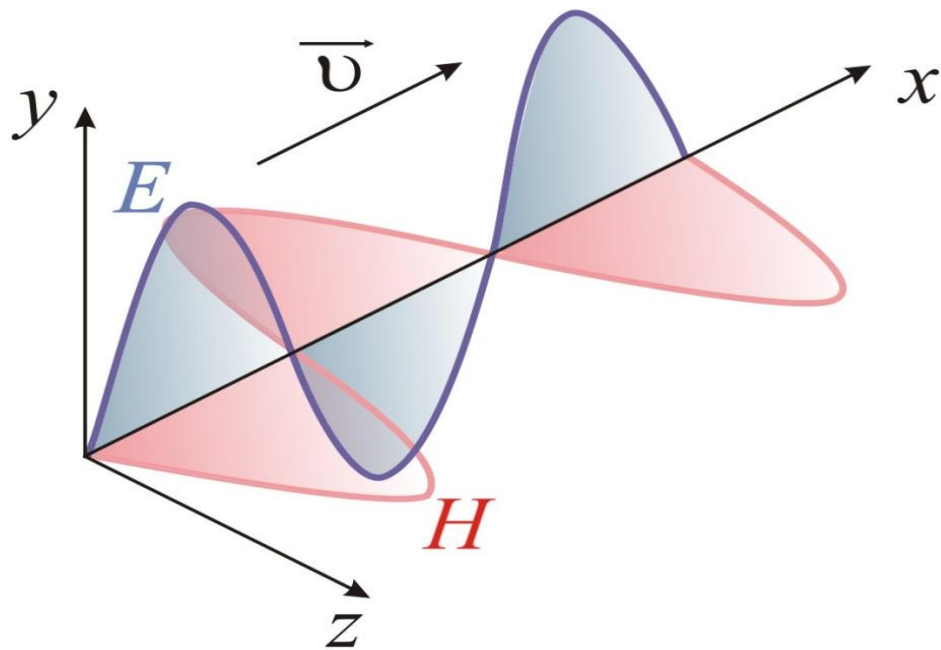
$$\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$$

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \vec{E} = \Delta \vec{E}$$



ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ҚАСИЕТІ



$$\Delta \vec{E} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

$$\Delta \vec{H} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$$

$$E_y = E_0 \cos(\omega t - kx - \varphi)$$

$$H_z = H_0 \cos(\omega t - kx + \varphi) \quad k = \frac{\omega}{v} - \text{ТОЛҚЫНДЫҚ САҢ.}$$



Электрмагниттік толқынмен механикалық толқындардың ұқсастықтары

- 1. Электрмагниттік толқын әртүрлі заттарда да, вакуумде де тарай алады. Ал механикалық толқындар тек заттардың бөлшектері қатысатын орталарда ғана (қатты денеде, сұйықта және газда) тарайды. Механикалық толқында ортаны құрайтын заттардың бөлшектері тербеледі. Ал электромагниттік толқында өрістің E және B векторлары ғана тербеледі. Міне, сондықтан электромагниттік тербеліс вакуумда да толқын түрінде тарай алады.*



2. *Электрмагниттік толқындар — тек көлденең толқындар* болып табылады. Шынында да В индукция және Е кернеулік векторлары бір-біріне перпендикуляр бағытта тербеледі. Ал механикалық толқындар көлденең толқындар да, бойлық толқындар да бола алады.
3. Максвеллдің теориялық есептеулері бойынша вакуумдегі электромагниттік толқынның таралу жылдамдығы $c = 2.9 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ тұрақты шама.



4. Вакуумге қарағанда заттағы электрмагниттік толқынның таралу жылдамдығы аз болады және ол мына өрнекпен анықталады:

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

өйткені ортаның сыну көрсеткіші $n > 1$, ал вакуумде $n = 1$.

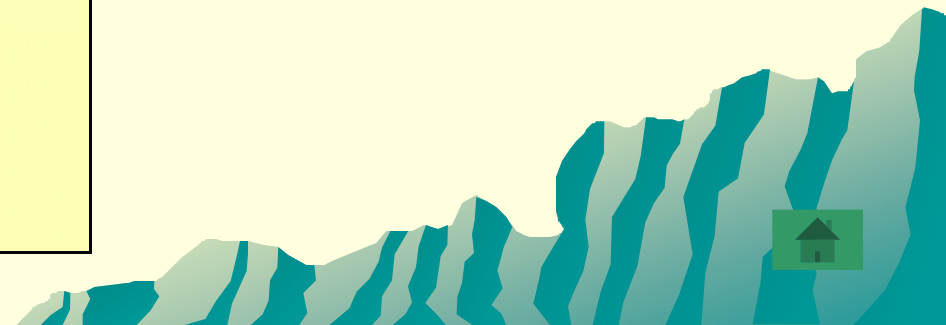
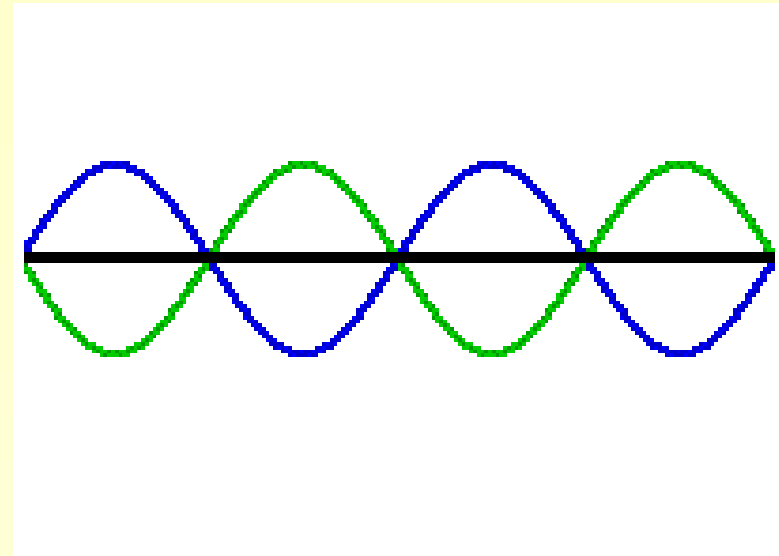
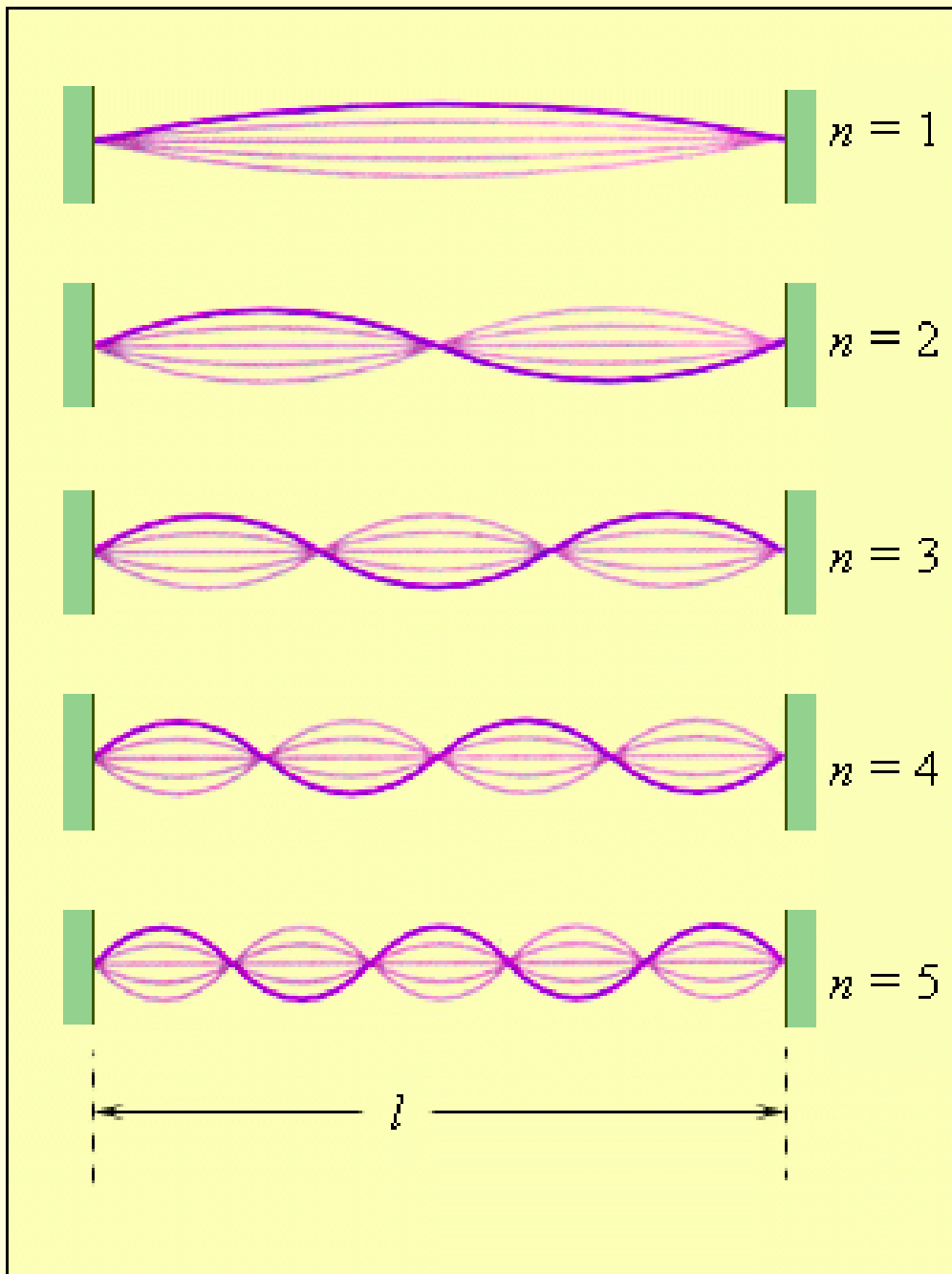


5. *Механикалық толқындар сияқты
электрмагниттік толқындар да энергия
тасиды.*

Электрмагниттік толқындардың вакуумнен
затқа өткенде жиілігі өзгермейді.

$$\lambda' = \nu T = \frac{\nu}{\nu}$$





ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ЭНЕРГИЯ АҒЫНЫНЫҢ ТЫҒЫЗДЫҚ ВЕКТОРЫ.

$$\omega_{\text{Эл}} = \frac{W_E}{V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$$

$$\omega = \omega_{\text{эл}} + \omega_{\text{м}} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}.$$

$$\omega_{\text{Маг}} = \frac{W_H}{V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 H^2}{2}$$

$$W_{\text{эл}} = W_{\text{м}}$$

$$\omega = 2\omega_{\text{эл}} = \varepsilon\varepsilon_0 E^2.$$

$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} \vec{E} = \sqrt{\mu\mu_0} \vec{H};$$

$$\omega = \sqrt{\varepsilon\mu\varepsilon_0\mu_0} EH = \frac{1}{v} \vec{E}\vec{H}.$$



УМОВ-ПОЙТИНГ ВЕКТОРЫ

Умов-Пойнтинг векторының модулі S сан жағынан электрмагниттік толқының 1 с ішінде толқының таралу бағытына перпендикуляр орналасқан 1 м^2 ауданаң арқылы өтетін энергияға тең.

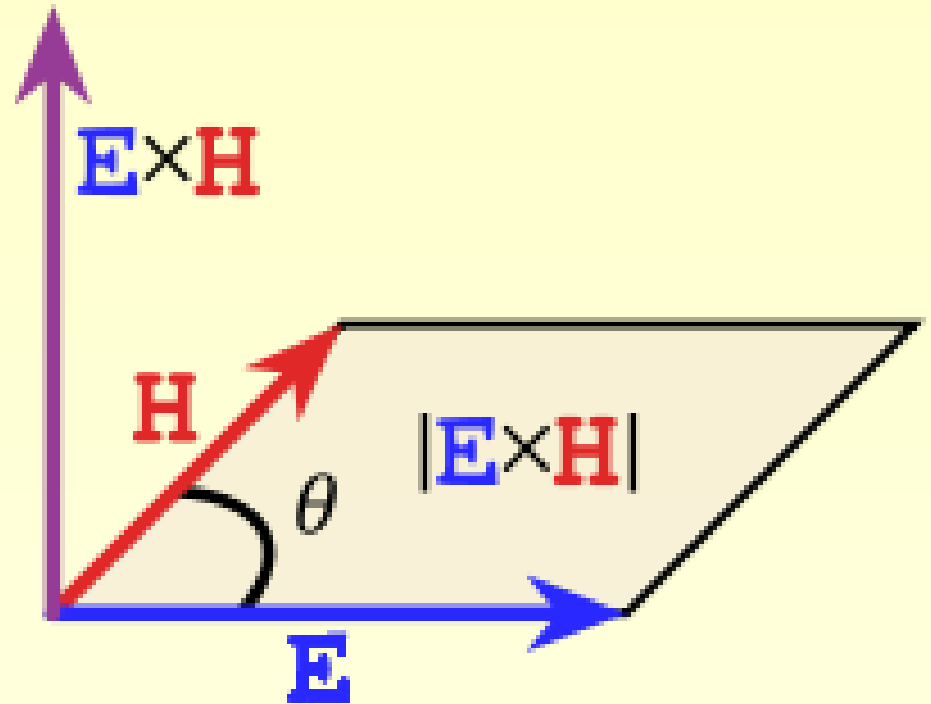
Оның орташа мағынасын *жарық толқының интенсивтігі* дейді.

$$S = \omega \cdot \nu = \frac{1}{\nu} E H \cdot \nu = \vec{E} \vec{H}$$



$$\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}]$$

$$I = \langle S \rangle = \frac{\sqrt{\epsilon\epsilon_0}}{\sqrt{\mu\mu_0}} \cdot \langle E^2 \rangle.$$



ЭЛЕКТРМАГНИТТІК ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ИМПУЛЬСІ

$$P = \frac{W}{c}; \quad P = mc = \frac{W}{c}$$

$$W = mc^2$$



ФОТОМЕТРИЯ

Жарық техникасының бірліктері Жарық көзінің күшіне байланысты.

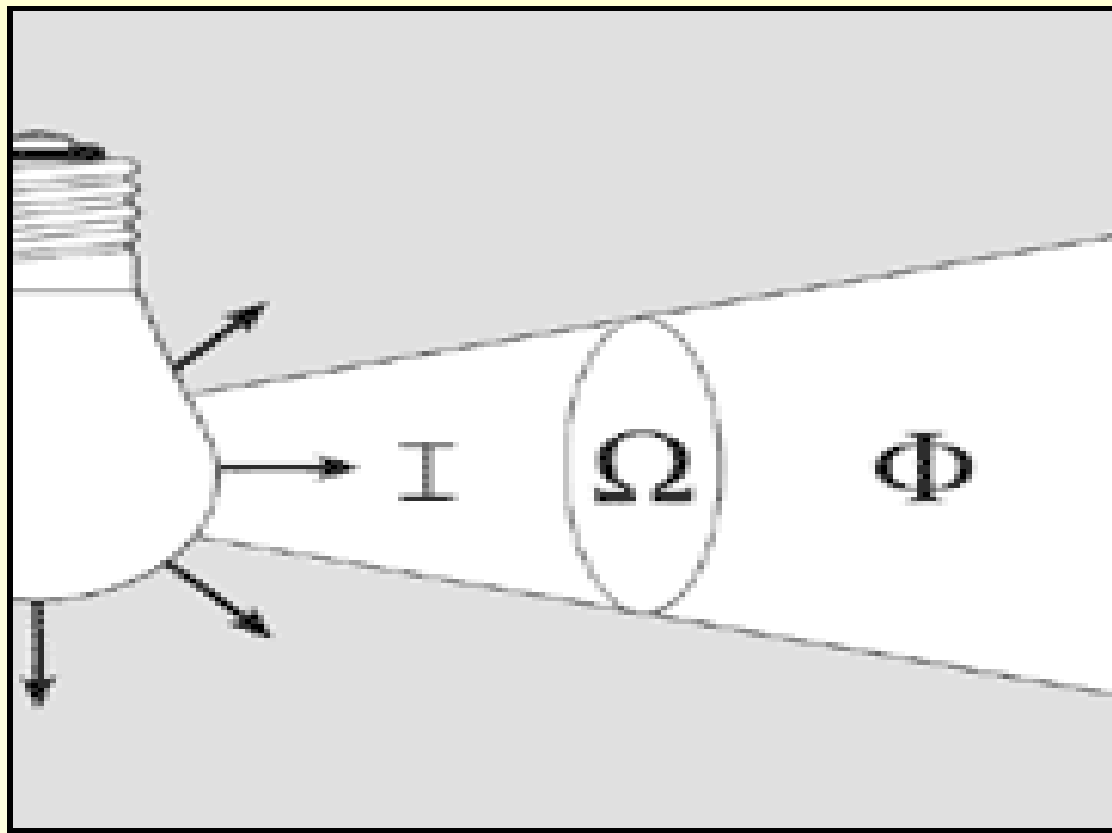
Жарық күші – Кандела балқыған платинаның кристалдану кезінде 1см^2 ауданының шығарған жарығы 60 Кандела деп белгіленген.



Жарық ағынының өлшем бірлігіне 1 Люмен (Лм) алынады. Көлемдік бұрышы 1 стерadian 1 кандела жарық күшін беретін жарық ағынын 1 Люмен (Лм) деп атайды.

$$\Phi = \int_{\Omega} I d\Omega;$$

$$\Phi = I\Omega.$$



Егер шар тәрізді жарық көзі болса $\Phi = 4\pi I$

Жарқырау деп жарық шығарып тұрған беттің бір өлшем ауданының шығарған жарық ағынын айтады.

$$R = \frac{d\Phi}{dS} \left(\frac{\text{Лм}}{\text{м}^2} \right)$$

Жарықтану (освещенность) жарық келіп түскен беттің бір өлшем ауданына тиісті жарық ағынын айтады.

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \left(\frac{\text{Лм}}{\text{м}^2} = \text{Люкс} (\text{Лк}) \right)$$



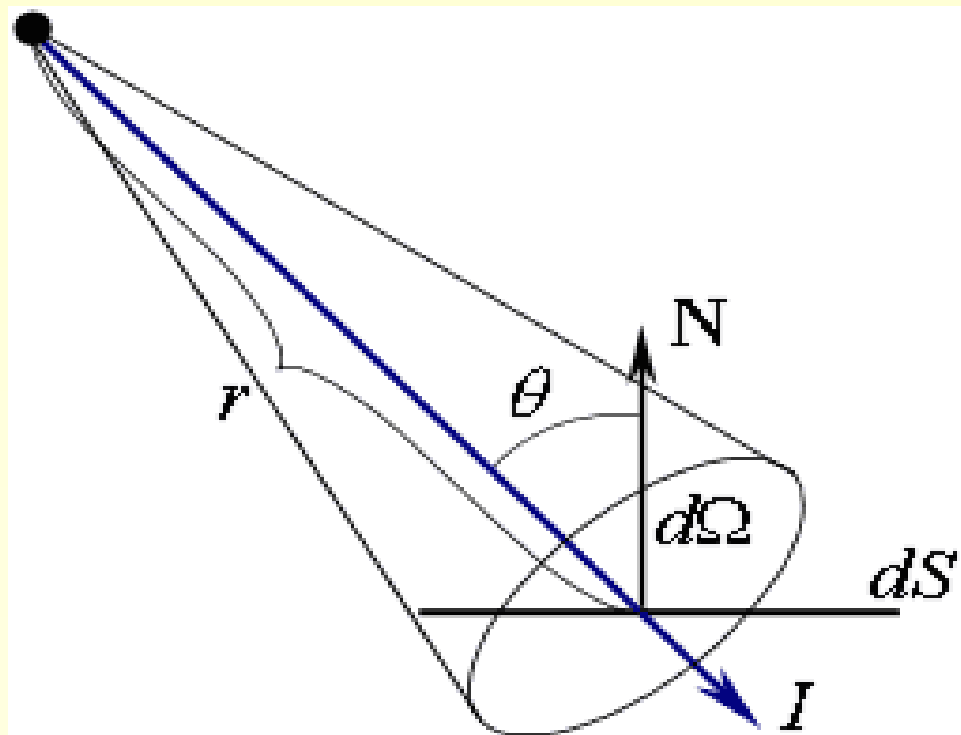
Фотометрия негізгі заңы (Ламберт заңы):

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\Phi}{4\pi r^2} \quad \text{Бірдей жарықталу кезінде} \quad E_1 = E_2$$

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{d\Phi \cos \alpha}{d\Omega r^2} = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$$

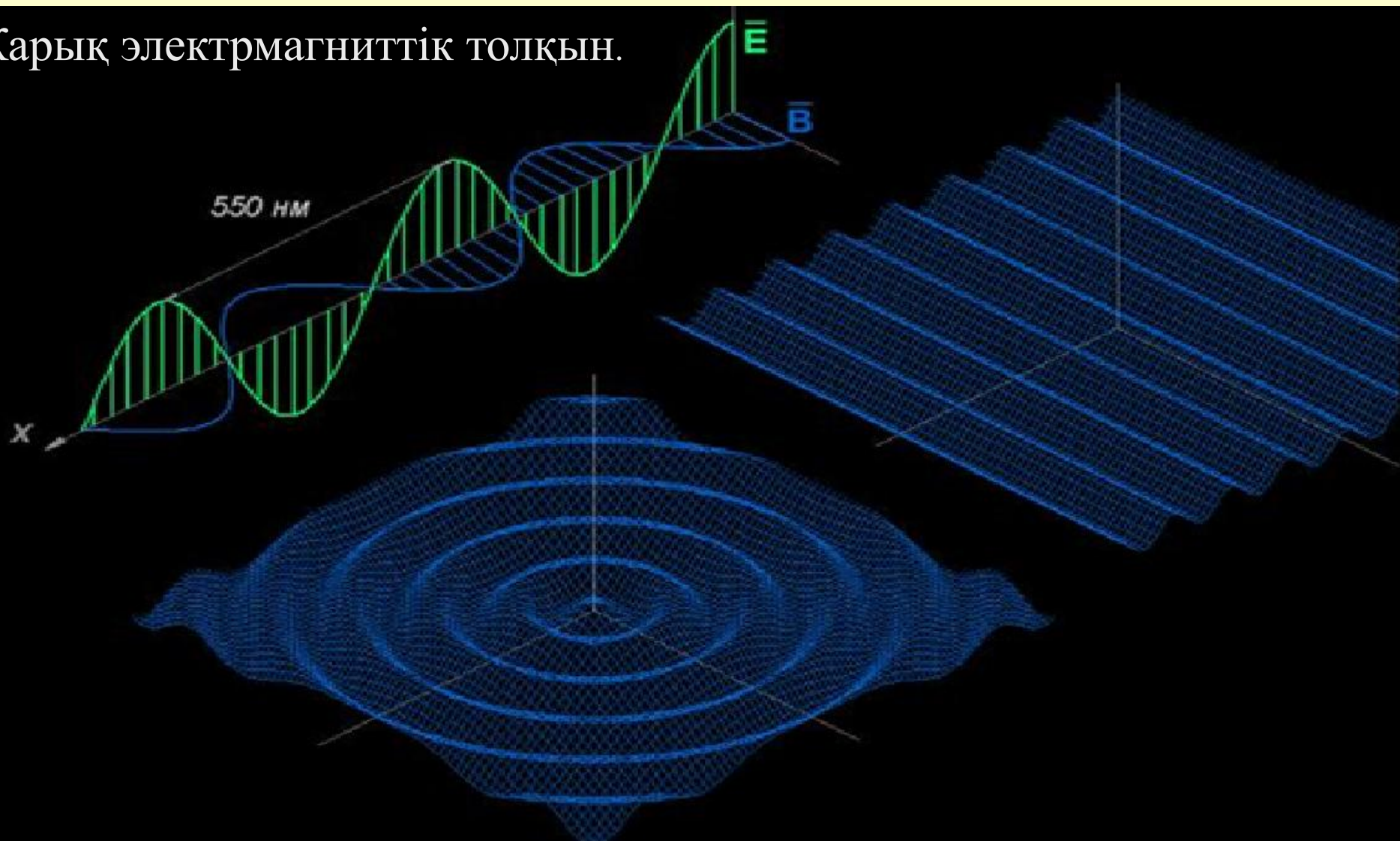
$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$$

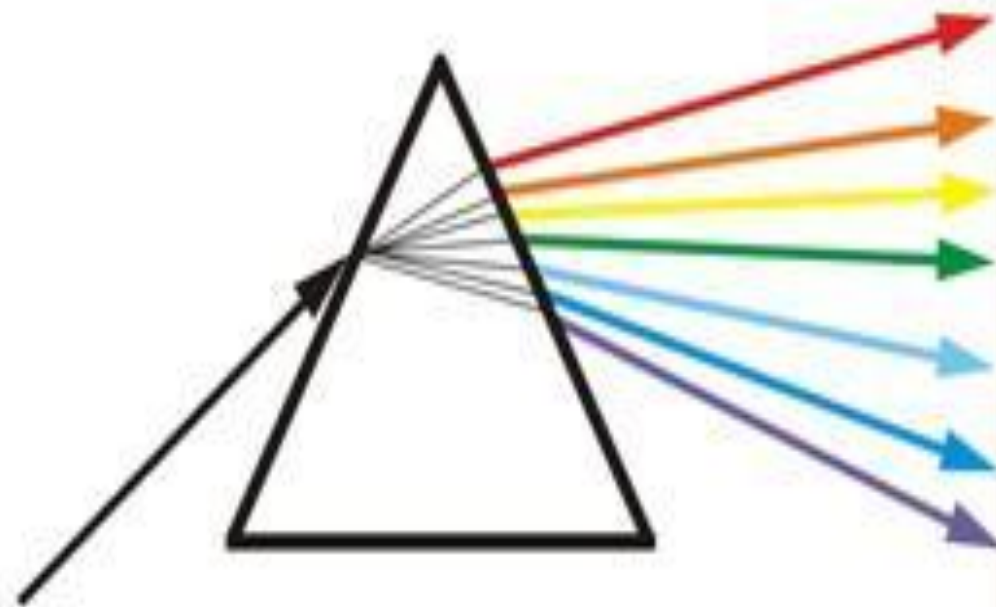
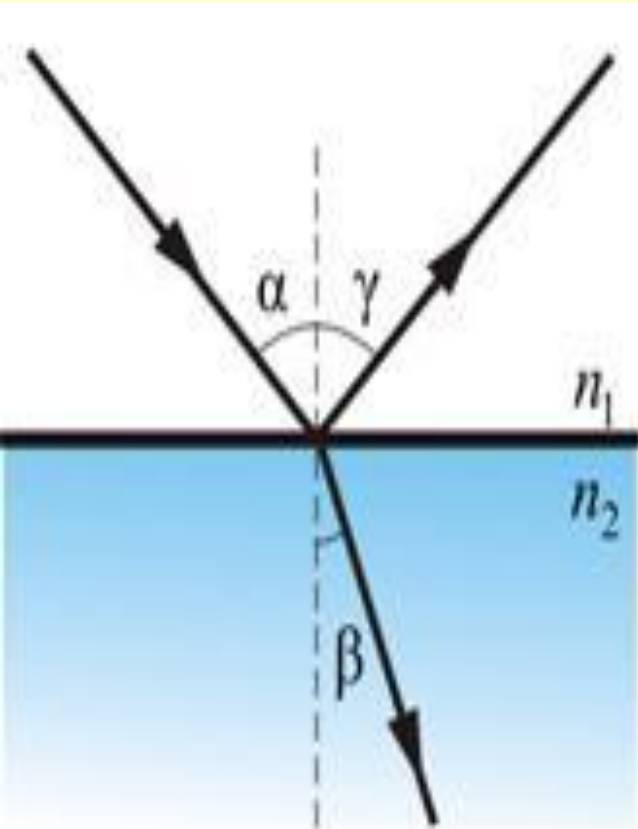


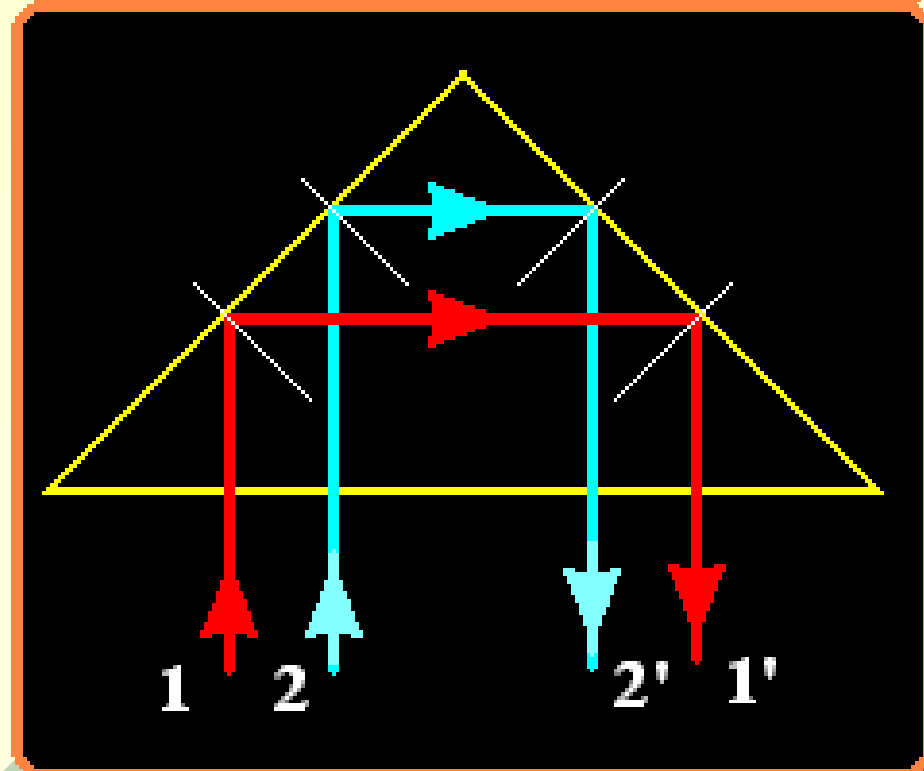
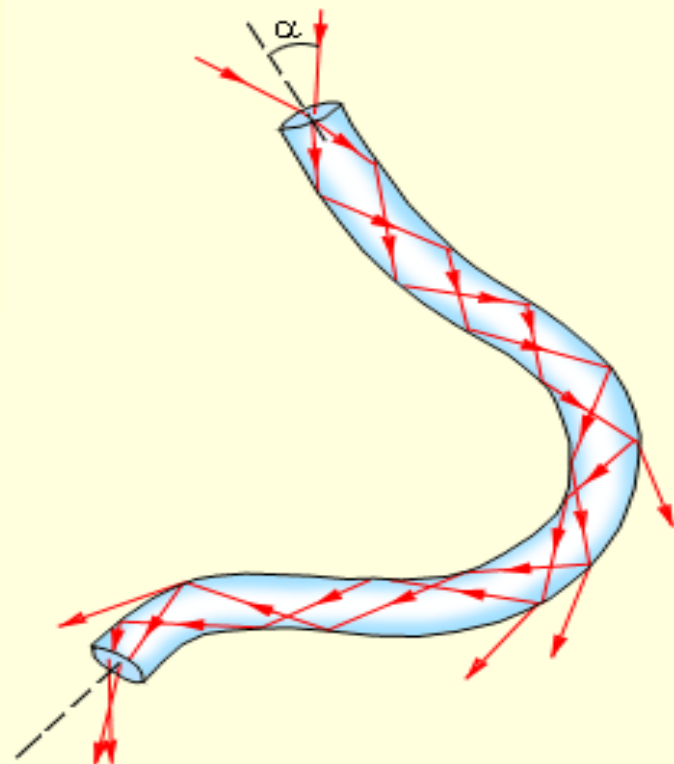
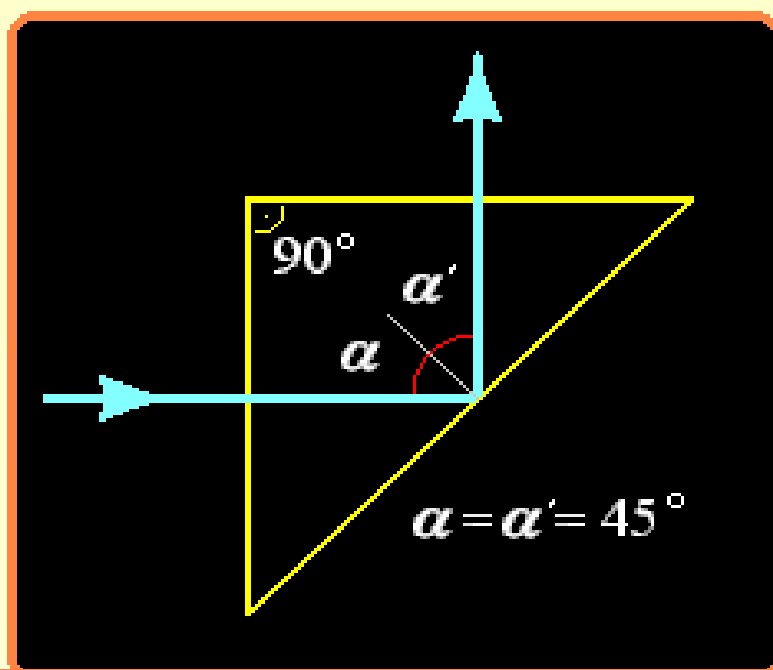
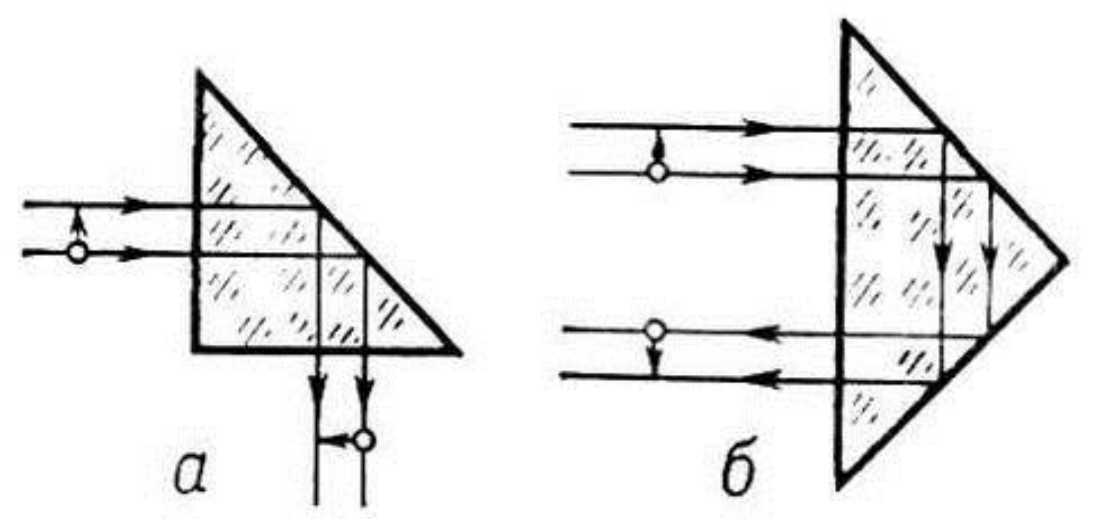
Оптика – физиканың сәуле (жарық) шығару табиғатын, жарықтың таралуын және оның затпен әсерлесу құбылыстарын зерттейтін бөлім.

Жарық электрмагниттік толқын.



Геометриялық оптика — оптиканың жарықты геометриялық сызық ретінде қарастыра отырып, жарықтың таралу заңдарын зерттейтін бөлімі.

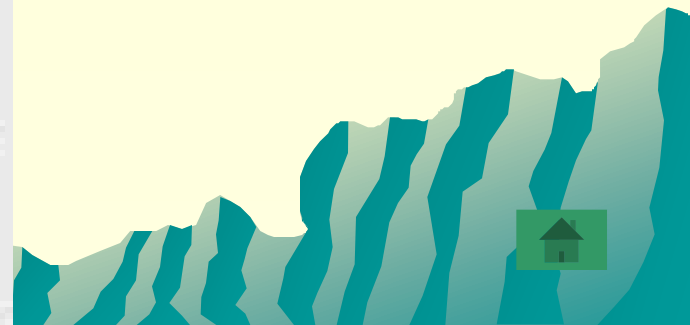


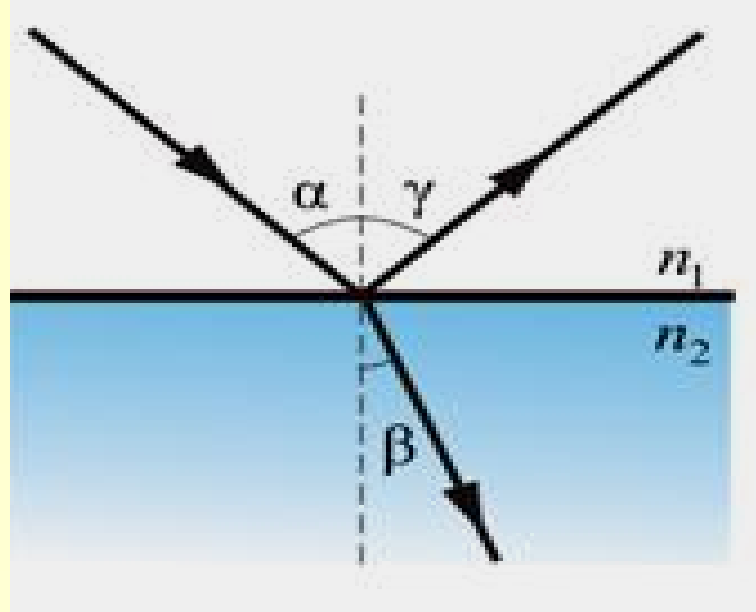


Жарықтың шағылу заңы: шағылысқан сәуле түсетін сәулемен бір жызықтықта жатыр және шекараға өткізілген түсу нүктесіндегі екі ортаның бөлінуіне перпендикуляр; шағылысу бұрышы түсу бұрышына тең.



$$\alpha = \gamma.$$



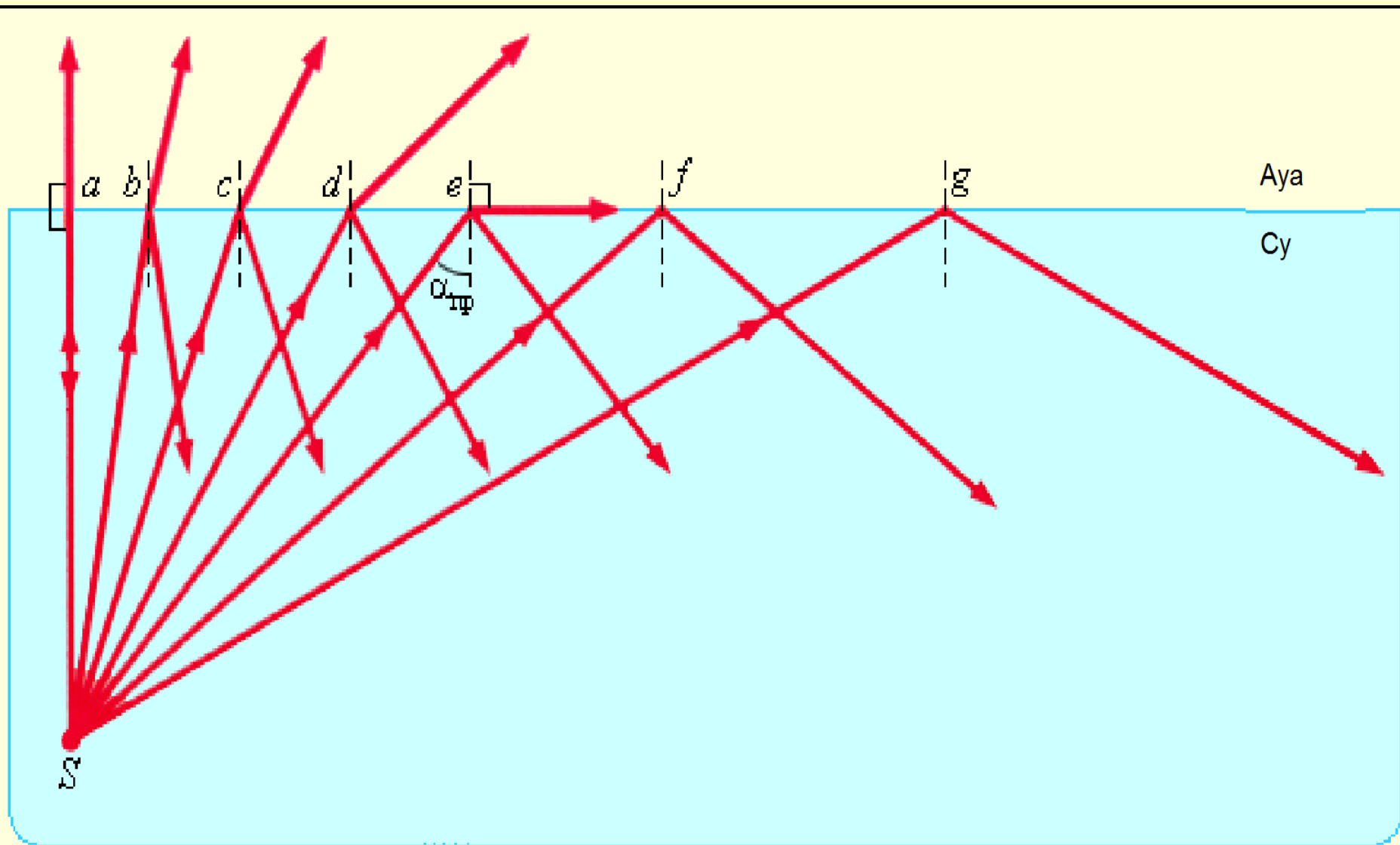


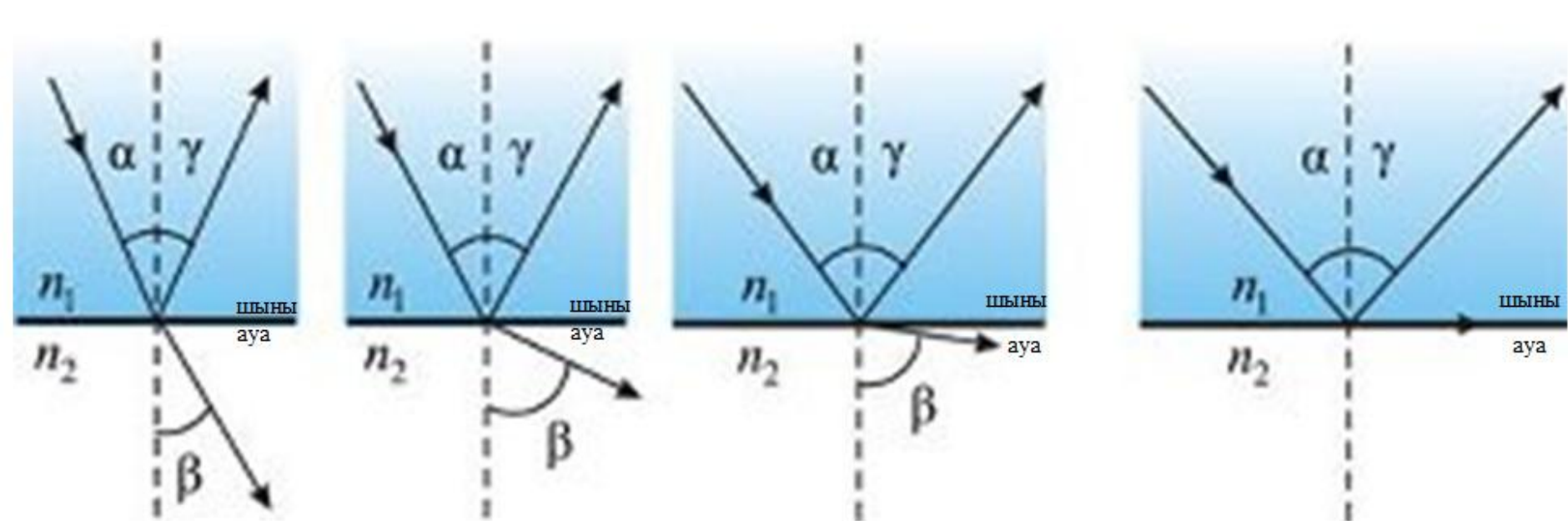
Жарықтың сыну заңы: түсетін сәуле, сынған сәуле, шекараға өткізілген түсу нүктесінің бөлінуіне перпендикуляр, бір жазықтықта жатыр; түсу бұрышы синусының қатынасы аталған орталар үшін тұрақты шама болып саналады:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$



ТОЛЫҚ ІШКІ ШАҒЫЛУ





$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

$$\beta = 90^\circ.$$

$$\frac{\sin \alpha_{\text{сыну}}}{90^\circ} = \frac{1}{n_{21}} = \frac{n_1}{n_2}.$$



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

$$n_{21} = u_1/u_2.$$

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$



СӨЖ АРНАЛҒАН БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Берілген ортадағы электрмагниттік толқын
2. Толқын күйінің теңдеуі.
3. Тұрғын толқынның шоғыры, түйіні дегеніміз не?
4. Толқындық теңдеу.



НЕГІЗГІ ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абдулаев Ж. Физика курсы. Білім, Алматы, 1994 ж.
2. Ахметов А. Қ. Физика. Алматы, 2000 ж.
3. Трофимова Т.И Физика курсы. Мәскеу Academia 2006 ж.
4. Савельев И.В. Жалпы физика курсы 3 том. Алматы -2004 ж.



ҚОСЫМША ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Әбдіғаппаров Қ., Ақылбаев А. Қ. Физика Алматы, 1995 ж.
2. Жылқыбаева М. Жалпы физика курсының есептері Алматы, 1992 ж.
3. Қойшибаев Н. Оптика , Алматы 2006 ж.
4. Маженов Н.А. Оптика, Караганды, 2010 ж.



Назарларыңызға рахмет!!!

