

2-ДӘРІС



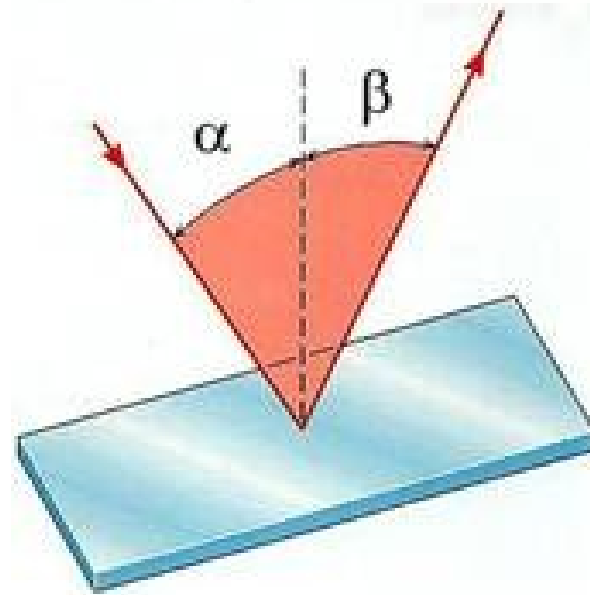
Асқарұлы Қыдыр
PhD., қауымдастырылған профессор

Геометриялық оптика

Жарықтың шағылу және сыну заңдары

Адам баласының көзінің көру мүмкіншілігі жарықты қабылдауда бір шама шектелген болады. Мысалы, көздің бұрыштық көру мүмкіншілігі 1 минут шамасында, демек, екі нүктенің арасы адам көзіне бір минуттан кіші бұрышпен көрінсе, онда адам оларды бір нүкте ретінде көреді. Көзге түсетін жарық ағынын арттыру, көздің көру бұрышын үлкейту мәселесі өмірде кең таралған. Ол үшін әртүрлі оптикалық аспаптар қолданылады (мысалы, айналар, линзалар, призмалар, көру түтіктері және т.б.), ондағы жарық сәулелерінің таралуы белгілі геометриялық құрылымдармен анықталады. Геометриялық оптиканың төрт заңдылығы ерте заманда тәжірибеде анықталған. Сәуле изотропты біртекті ортада таралады деп есептеледі.

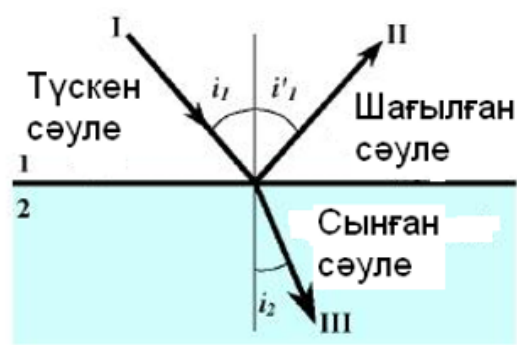
Жарықтың түзу сызықты таралу заңы: оптикалық біркелкі ортада жарық сәулесі түзу сызық бойымен таралады. Егер сыну көрсеткіші барлық жерде бірдей болса, ондай орта *оптикалық біртекті орта* деп аталады. Бұл заң жарық сәулелерінің таралу жолына қойылған экранда дененің геометриялық көлеңкесінің пайда болуымен дәлелденеді.



Жарық шоқтарының тәуелсіздік заңы: Бір нүктеге түскен жарық сәулелері бір-біріне тәуелсіз болады. Нүктенің жарық интенсивтілігі әрбір жарық сәулесінің интенсивтіліктерінің қосындысына тең:

$$\left(I = \sum_{k=1}^n I_k \right).$$

Екі ортаның шекарасына түскен жарықтың біраз бөлігі шағылады, ал біраз бөлігі сына отырып, екінші ортаға өтеді. Егер бет тегіс болса, онда айналық шағылу орын алады. Егер екі ортаның шекарасы кедір-бұдыр бет болса, онда шашыраған жарықтың диффузиялық шағылуы орын алады.



4.1-сурет. Жарықтың екі орта шекарасынан шағылуы және сынуы.

Жарықтың шағылу заңы: шағылу бұрышы i'_1 , түсу бұрышы i_1 -ға тең болады ($i_1=i'_1$), түскен сәуле, шағылған сәуле және түсу нүктесіне тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады.

Жарықтың сыну заңы:

а) шағылған сәуле, сынған сәуле және изотропты, біртекті екі орта шекарасына тұрғызылған перпендикуляр бір жазықтықта жатады;

б) екі орта үшін түсу бұрышының i_1 синусының сыну бұрышының i_2 синусына қатынасы тұрақты шамаға тең, ол бірінші ортадағы жарық жылдамдығының v_1 екінші ортадағы жарық жылдамдығына v_2 қатынасына тең болады:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (4.9)$$

Ортадағы жарық жылдамдығы мен вакуумдағы жарық жылдамдығы арасында тәуелділік $v = \frac{c}{n}$ болатындықтан, келесі теңдік орындалады:

$$v_1 = \frac{c}{n_1} \text{ және } v_2 = \frac{c}{n_2}, \quad (4.10)$$

мұндағы n_1 және n_2 – жарық таралатын орталардың абсолют сыну көрсеткіштері; v_1 және v_2 – жарық толқындарының фазалық жылдамдықтары.

Онда жарықтың сыну заңын төмендегідей түрде жазуға болады:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (4.11)$$

Жарық сәулелерінің қайтымдылық заңы: егер сәуле i_1 бұрышымен түсіп және екінші ортада i_2 бұрышымен сынса, онда екінші ортадан кейінгі бағытта i_2 түсу бұрышымен жіберілген жағдайда, бірінші ортаға i_1 бұрышымен тарайды.

Толық ішкі шағылу құбылысы. (Орталардың абсолют сыну көрсеткіштерін $n_1 < n_2$ деп қарастыралық). Егер жарық сәулесі оптикалық тығыз ортадан (n_2 -ден) оптикалық сирек ортаға (n_1 -ге) өтсе, толық ішкі шағылу құбылысы байқалады. Шағылған сәуле мен сынған сәуле арасындағы бұрыш 90° -қа тең болған жағдайда *түсу бұрышы $i_1 = i_o$ шекті бұрыш* деп аталады.

Жарықтың сыну заңынан:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\sin i_o}{\sin 90^0} = \sin i_o ; \quad \sin i_o = \frac{n_1}{n_2} . \quad (4.12)$$

Сонымен, толық ішкі шағылу құбылысы кезінде жарық сәулесі екінші мөлдір ортаға өтпейді, ол толығымен екі орта шекарасының бойымен кетеді.

Фотометрия

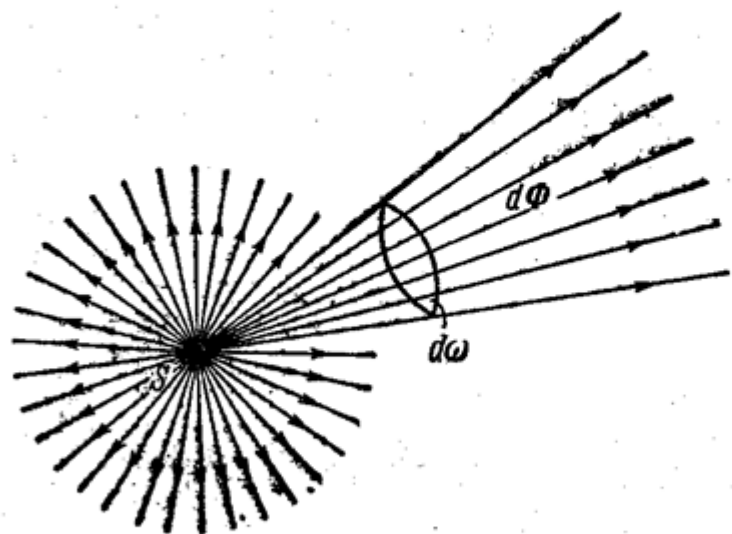
Фотометрлік шамалар және олардың өлшем бірліктері

Жарықтың интенсивтігімен және жарық көзімен немесе жарық ағындарымен және олармен байланысты шамалармен айналысатын оптика бөлімін *фотометрия* деп атайды. Жарықтың интенсивтігі тасымалданатын энергиямен сипатталады. Сәулелену энергиясының ағыны деп

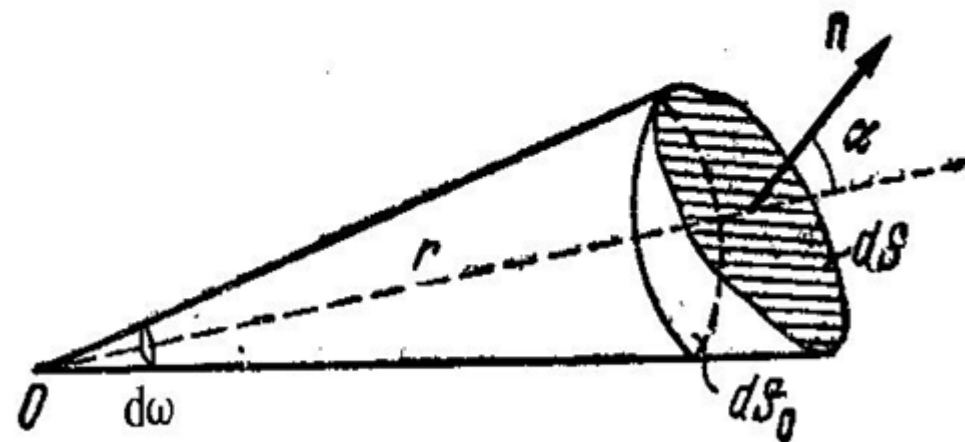
$$\Phi_{\varepsilon} = \frac{W}{t} \text{ (Вт)} \quad (4.13)$$

шаманы айтады. Қолданбалы есептерді шешу кезінде көзге жарық әсерінің толқын ұзындығына тәуелділігі есепке алынады. Мысалы, 350⁰С-қа дейін қыздырылған дене инфрақызыл сәулелерді жақсы шығаратын жарық көзі болып табылады, бірақ олар адам көзіне көрінбейді және олардың субъективті түйсігі нөлге тең болады. Толқын ұзындығы $\lambda = 0,40$ мкм-ден кем және 0,76 мкм-ден артық электромагнитті толқындар көзге көрінбейді.

Нүктелік жарық көзі деп байқау нүктесіне дейінгі қашықтықпен салыстырғандағы мөлшері ескермеуге болатын жарық көзін айтады. Біртекті және изотропты ортада нүктелік жарық көзі шығаратын жарық толқыны сфералық болады.



ωω



4.2-сурет. Нүктелік жарық көзі.

4.3-сурет. Денелік бұрыштың $d\omega$ сұлбасы.

Жарық күші. Нүктелік жарық көзін сипаттау үшін жарық күші I деген ұғым енгізіледі. Жарық күші деп денелік бұрышқа $d\omega$ келетін жарық ағынының $d\Phi$ сол денелік бұрышқа қатынасын айтады (4.2-сурет)

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}. \quad (4.14)$$

Денелік бұрыш өлшемі болып, сфера бетінде конус тәрізді кесілген dS_0 аудан бөлігінің r радиус квадратына қатынасын айтады (4.3-сурет)

$$d\omega = \frac{dS_0}{r^2}.$$

Денелік бұрыштың өлшем бірлігі – «стередиан» (ср). Кез-келген dS бағдарланған аудан үшін нормаль векторы \vec{n} (немесе бірлік вектор) мен радиус векторының \vec{r} арасындағы бұрыш α -ны құрайды. Онда денелік бұрыш:

$$d\omega = \frac{dS_0}{r^2} = \frac{dS \cdot \cos \alpha}{r^2}.$$

Егер нүктелік жарық көзі сәулелендіретін барлық бағыттар бойынша ағын бірдей болса, онда мұндай жарық көзі изотропты және оның жарық күші

$$I = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{\Phi}{4\pi} \quad \text{және} \quad \Phi = 4\pi I, \quad (4.15)$$

болады, мұндағы $\omega = 4\pi$ – толық денелік бұрыш.

Жарық күшінің өлшемі – «кандела» (кд) халықаралық СИ жүйесіндегі өлшем бірлігі болып табылады. Кандела – $540 \cdot 10^{12}$ Гц жиілікте жарық көзі шығарған монохроматты жарық сәулеленуінің берілген бағытындағы жарық күші. Бұл бағыттағы жарықтың энергиялық жарық күші $1/683$ Вт/ср бөлігін құрайды. Жарық ағынының өлшем бірлігі – «люмен» (лм), яғни $1\text{лм} = 1\text{кд} \cdot 1\text{ср}$.

Жарықталыну. Жарықталыну E деп бетке түсетін $d\Phi$ жарық ағынының бұл беттің dS ауданының қатынасына тең шаманы айтады:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}. \quad (4.16)$$

Жарықталынудың өлшем бірлігі – «люкс» (лк). $1\text{лк} = 1 \frac{\text{лм}}{\text{м}^2}$.

Нүктелік жарық көзі жасайтын жарықталынуды жарық күшімен I , жарық көзінен жарық сәулесі түсетін бетке дейінгі қашықтықпен r және α бұрышы арқылы өрнектеуге болады:

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}, \quad (4.17)$$

мұндағы r – нүктелік жарық көзінен жарық түскен нүктеге (немесе бетке) дейінгі қашықтық, α – жарықтың түскен нүктеге тұрғызылғын нормаль (немесе перпендикуляр) мен түскен сәуле арасындағы бұрыш.

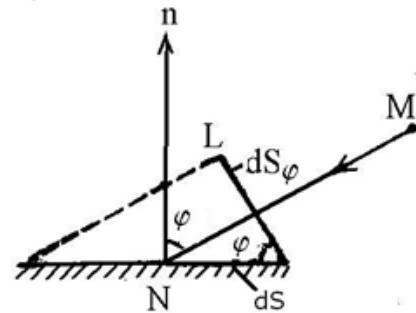
(4.17) өрнегі нүктелік жарық көзі үшін жарықталыну заңы (немесе Ламберт заңы) деп аталады.

Жарқырау. Жарқырау R деп барлық бағыттар бойынша созылған жарық көзі бетінің dS' сыртқа шығаратын жарық ағынының $d\hat{O}_o$ осы беттің ауданына dS' қатынасына тең шаманы айтады:

$$R = \frac{d\hat{O}_o}{dS'}, \left[\frac{\text{өі}}{\text{і}^2} \right] \quad (4.18)$$

мұндағы dS' – жарық көзінің (немесе жарық шығаратын беттің) ауданы.

Жарықтылық. Жарықтылық B деп жарық күшінің dI жарық түсетін бет ауданының dS жарықтың таралу бағытына перпендикуляр бетке проекциясына dS_φ қатынасын айтады (4.3-сурет):



$$B_\varphi = \frac{dI}{dS_\varphi} = \frac{dI}{dS \cdot \cos \varphi}. \quad (4.19)$$

Жарықтылық өлшем бірлігіне – канделаның квадрат метрге қатынасы алынады (кд/м²).

4.3-сурет. Жарықталынуды анықтау сұлбасы.

Әдетте, созылған жарық көзінің жарықтылығы әртүрлі бағыттарда әртүрлі болады. Бірақ, кейбір жарық көздерінің мысалы, Күн, боялған шыны үшін жарықтылық B_φ бақылау бағытына тәуелді болмайды

$$\begin{aligned} B_\varphi &= B = \text{const}, \\ dI_\varphi &= B dS \cos \varphi = dI \cos \varphi. \end{aligned} \quad (4.20)$$

Мұндай жарық көзінің жарық күші нормаль мен түсу бұрышының косинусына пропорционал және ол нормаль бағытта максимал болады:

$$R = \pi B. \quad (4.21)$$

Бақылау сұрақтары:

1. Геометриялық оптика заңдарының анықтамасын беріңіз.
2. Жұқа линзаның оптикалық күшінің өрнегін жазыңыз.
3. Фотометрия нені зерттейді?

Назарларыңызға рахмет!