

## 7- дәріс. Геометриялық оптика негіздері. Оптикалық жүйелер.

**Жоспар:** Ферма принципі. Ферма принципі негізінде жарықтың шағылу, сыну заңдарын қорытып шығару. Жарықтың сфералық беттен сынуы. Аббениң нольдік инварианты. Сфералық беттің фокустары. Лагранж-Гельмгольц теоремасы. Бұрыштың ж/е сызықтық ұлғайту. Орталықтандырылған оптикалық жүйелер. Жұқа линзаның формуласын қорытып шығару. Жұқа линзада кескін салу. Гаусс теоремасы. Орталықтандырылған оптикалық жүйелердің кардинальды нүктелері. Оптикалық жүйелердің кемістіктері. Призмадағы сәулелер жолы. Призманың дисперсиясы.

Жарықтың таралуының негізгі заңдылығын XVII ғасырда Ферма ұсынған. Ферма, жарықтың бір нүктеден екінші нүктеге таралуы осы аралықтағы, ең аз уақыт кететін жол бойымен өтеді деп жорамалдаған. Ферма принципін математикалық түрде өрнектеу үшін жолдың оптикалық ұзындығы ұғымын пайдаланамыз. Жолдың оптикалық ұзындығы деп сәуленің геометриялық жолының ұзындығының  $l$  біртекті ортадағы сыну көрсеткішіне  $n$  көбейтіндісін  $(l) = nl$  айтамыз. Егер жарық таралатын орта біртекті болмаса, онда сыну көрсеткіші бірдей болатын кішкентай бөліктерге бөлеміз. Бұл жағдайда жолдың оптикалық ұзындығын  $(AB)$  мынадай түрде беруге болады.

$$(AB) = (l) = (\Delta l_1) + (\Delta l_2) + \dots + (\Delta l_k) = n_1 \Delta l_1 + n_2 \Delta l_2 + \dots + n_k \Delta l_k = \sum_0^k n_i \Delta l_i$$

$$(AB) = (l) = \int_A^{\hat{A}} n dl$$

$dl$  қашықтығына жарықтың таралуына қажетті уақытты  $dt$  деп белгілейік.

$$dt = dl/v$$

$$t = \int_A^{\hat{A}} \frac{dl}{v} = \int_A^{\hat{A}} \frac{n dl}{c} = \int_A^{\hat{A}} \frac{(dl)}{c}$$

Ферманың уақыттың ең аз болу принципі бойынша, жарықтың таралу уақытын анықтайтын интегралдың вариациясы нольге тең болу керек.

$$\delta t = \delta \int_A^{\hat{A}} \frac{dl}{v} = \delta \int_A^{\hat{A}} \frac{(dl)}{c} = 0 \quad (1)$$

Бұл формула Ферма принципінің математикалық өрнегі д.а.

$$n_1 \left( \frac{1}{a_1} - \frac{1}{R} \right) = n_2 \left( \frac{1}{a_2} - \frac{1}{R} \right) = Q \quad (2)$$

(2) теңдеуден  $n_1 \left( \frac{1}{a_1} - \frac{1}{R} \right)$  көбейтіндісі сынғаннан кейін өзінің шамасын сақтайтынын көрсетеді. Q шамасын Аббенің нөлдік инварианты деп атайды. Бұл теңдеуді мына түрде жазған қолайлы:

$$\frac{n_1}{a_1} - \frac{n_2}{a_2} = \frac{n_1 - n_2}{R} \quad (3)$$

(3) теңдеуден  $a_1 = -\infty$  болса, онда

$$a_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1} = f_2 \quad (4)$$

егер  $a_1 = -\infty$

$$a_1 = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1} = f_1 \quad (5)$$

$$(4) \text{ пен } (5)\text{-тен } f_2/n_2 = -f_1/n_1 = R/(n_2 - n_1) \quad (6)$$

Сфералық беттің фокус қашықтығын енгізгеннен кейін (6.3) теңдеуді былай жазуға болады.

$$n_2/a_2 - n_1/a_1 = -n_1/f_1 \quad (3 \text{ а})$$

$$n_2/a_2 - n_1/a_1 = -n_2/f_2 \quad (3 \text{ б})$$

$n_1 = -n_2$  болған жағдайда сфералық беттің теңдеуінен сфералық айнаның формуласы шығады.

$$1/a_1 + 1/a_2 = 2/R \quad (7)$$

$a_1 = \infty$  болса  $a_2 = R/2 = F$

$R = \infty$  болса, онда жазық айнадағы кескіннің теңдеуін аламыз.  $a_1 = -a_2$

### Визуаль оптикалық құралдар

Негізгі бөлімнің бірі оптикалық система болып келген приборлар **оптикалық приборлар** деп аталады. Кейбір оптикалық приборлар (мысалы: фотоаппарат, проекциялық аппарат т.т.) нәрсенің арнап орнатылған экран бетіне түсіреді. Ал кейбіреулері (мысалы: лупа, микроскоп, телескоп дүбірі т.б.) көзбен қосылып бір тұтас оптикалық система түзеді, осындай күрделі

система беретін нәрсенің кескіні көздің тор қабықшасына түседі. Мұндай приборлар көзге ұсталатын приборлар немесе визуаль приборлар деп аталады.

1. **Лупа.** Ұсақ нәрсені үлкейтіп көру үшін қолданатын жинағыш линза лупа деп аталады. Бақыланатын нәрсе линза мен оның фокус жазықтығы аралығына қойылады. Сонда нәрсенің кескіні жорамал, үлкен және тура болады. Лупаның  $\gamma$  бұрыштық ұлғайтуы шамамен анық көру аралығының, линзаның алдыңғы фокус аралығы  $f$ -қа қатынасына тең болады:

$$\gamma = \frac{D}{f} \quad (4.1)$$

2. **Микроскоп.** Жақындағы ұсақ нәрселерді өте үлкейтіп көру үшін түрліше микроскоптар қолданылады. Әрбір микроскоптың оптикалық системасы объектив және окуляр делінетін екі бөліктен құралады. Қарапайым микроскоптардың бұл бөліктері жеке линзалардан жасалады, ал осы күнгі микроскоптардың объективтерімен окулярлары центрленген күрделі оптикалық системалар болып келеді. Микроскоптың ұлғайтуы ( $\Gamma$ ) оның объективінің сызықтық ұлғайтуы ( $\beta$ ) мен окулярының бұрыштық ұлғайтуы ( $\gamma$ ) көбейтіндісіне тең болады:

$$\Gamma = \beta \cdot \gamma \quad (4.2) \text{ мұндағы } \beta = \frac{a^1}{a}$$

мұндағы  $a$ -нәрсенің,  $a^1$ -оның кескінінің объективтен қашықтықтары.

Окуляр лупа қызметін атқаратын болғандықтан оның бұрыштық ұлғайтуы (4.1) формула бойынша былай өрнектеледі:  $\gamma = \frac{D}{f_2}$

мұндағы  $f_2$ -окулярдың алдыңғы фокус аралығы ендеше микроскоптардың ұлғайтуын  $= \beta \cdot \gamma = \frac{ID}{f_1 d_2}$  (4.3) деп жазуға болады.