

Оптикалық аспаптар



Жоспары:

1. Кіріспе. Оптика пәні.
2. Гюгенс-Френель принципі.
3. Жарық шамалары.
4. Жарықтың жұқа пленкаларда интерференциялануы.
5. Ньютон сақиналары.
6. Геометриялық оптика
7. Сфералық айна
8. Жарықтың линзада сынуы. Оптикалық приборлар.



Оптика – физика ғылымының жеке салаларының бірі. Оптика пәні жарық пен рентген сәулелерінің табиғаты мен қасиеттерін және олардың затқа ететін әсерін қарастырады. XVII аяқ кезінде жарықтың табиғаты жайында екі түрлі ғылыми түсінік болады. Олардың біреуі – жарықтың корпускулалық теориясы, екіншісі – жарықтың толқындық теориясы

1. Жарықтың корпускулалық теориясы



Жарықтың корпускулалық теориясын алғаш ағылшын ғалымы **И. Ньютон** (1672ж.) түсіндірді. Бұл теория бойынша **жарық дегеніміз** – жарқыраулық денелерден ұшып шыққан жарық бөлшектерінің (корпускулаларының) ағыны. Ньютонша, жарық бөлшектері инерция заңына сәйкес, түзу сызық бойымен қозғалады, сондықтан жарық біртекті ортада түзудің бойымен таралады. Яғни, бір ортадағы жарық жылдамдығы (1) екінші ортадағы жарық жылдамдығынан (2-ден) кем болады. Корпускулалық теория бойынша жарықтың сыну көрсеткіші (n) жарықтың екінші ортадағы жылдамдығының бірінші ортадағы жылдамдығының қатынасына тең, яғни $n = v_1 / v_2$, $n > 1$. Бірақ Ньютонның тұсында бұл қорытынды тәжірибе жүзінде тексерілген жоқ. Ол кезде жарықтың планета аралығындағы таралу жылдамдығы (300000 км/с) белгілі болып, ал жарықтың судағы таралу жылдамдығы (225000 км/с) 1850 жылы табылды.

2. Жарықтың толқындық теориясы.

Гюйгенс (1678 ж.) бірқатар дыбыс құбылыстары мен жарық құбылыстарын салыстыра отырып, **жарықтың толқындық теориясын** ұсынды. Гюйгенстің пікірінше жарық та, дыбысқа ұқсас сфералық беттер және толқындар түрінде таралады. Жарықтың табиғаты жайындағы осы пікірді орыстың ғалымы М.В. Ломоносов та жақтады. Гюйгенс осы принципке сүйеніп, жарықтың шағылу және сыну заңдарын, сондай-ақ жарықтың қосарланып сынуын да түсіндірді. Толқындық теория бойынша жарықтың сыну себебі жарық бір ортадан екінші ортаға өткенде оның жылдамдығы өзгереді. Мысалы: тығыз емес ортадан (ауадан) тығыздау ортаға (суға) өткенде жарық жылдамдығы кемиді, сонда тығыздау ортаның сыну көрсеткіші (n) $n = \frac{v_1}{v_2}$, $v_1 > v_2$. Бұл тұжырымның дұрыстығы тәжірибе жүзінде дәлелденген. Бірақ бұл теория осы күйінде жарықтың түзу сызық бойымен таралу заңын түсіндіре алмады. Сөйтіп, XVIII ғасыр жарықтың корпускулалық және толқындық теорияларының арасындағы тартыс тоқталмады. XIX ғасырдың бас кезінен бастап қана толқындық теория үстем бола бастады.

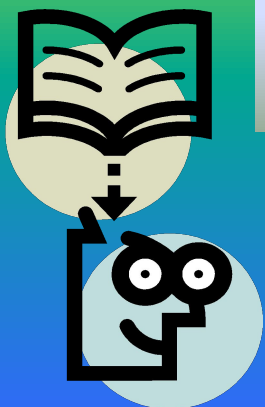
- Ағылшын физигі **Т. Юнг** (1801 ж.) жарықтың интерференция құбылысы жайлы жаңа идеялар айтты. Ол бұл құбылысты жарықтың толқындарының бір-бірімен қосылуының нәтижесі деп ұғынды, ол жұқа пластиналардың бетінде байқалатын әр түсті дөңгелекшелердің, яғни Ньютон сақиналарының пайда болуын осы тұрғыдан қарастырып түсіндірді. Ол бірінші рет интерференция әдісін қолданып, көрінетін жарық сәулелері толқындарының ұзындығын өлшеді



Томас Юнг
(1773-1829)

Гюйгенс принципі

Толқындық бет жеткен әрбір нүкте элементар толқындардың дербес көзі болады; сол элементар толқындарды ораушы бет жаңа толқындық беттің орнын көрсетеді.



XIX ғасырдың 60-жылдарында

Дж.

Максвелл - электромагниттік толқыны ағылшынның атакты физигі мен дарықтың табиғаты бір, яғни жарық дегеніміз - электромагниттік толқындардың дербес түрі деген қорытынды жасады. Көп ұзамай-ақ неміс физигі Герц (1888 ж.) тәжірибе жасап, электромагниттік толқындар мен жарықтың негізгі қасиеттерінің ұқсас екендігін дәлелдеді. Бірақ бұл теория заттың жарық сұну көрсеткішінің жарық толқынының ұзындығына тәуелділігін (жарық дисперсиясын) түсіндіре алмады. Жарықтың электромагниттік теориясы 19-ғасырдың аяғы мен 20-ғасырдың бас кезінде оптиканың көптеген мәселелерін шешкенмен, бірақтар құбылыстарды, мысалы жарық шығару және жарық жұту құбылыстарын фотоэлектрлік құбылысты толық түсіндіре алмады.



Жарық шамалары.

1. Жарық
энергиясы.
2. Жарық ағыны.

3. Жарық күші.

Фотометрия – жарық ағынымен және осы
ағынға байланысты шамаларды өлшейтін
оптиканың бір бөлімі.

4.
Жарықталыну

5. Жарқырау

6.
Жарықтылық.

Жарық энергиясы. Жарық ағыны.

Жарық толқындары тасымалдайтын энергия *жарық энергиясы* немесе *сәулелік энергия* деп атайды (W). Егер жарық таралған кеңістікте кішкене ауданша бар болса, одна үздіксіз сәулелік энергия ағып өтіп жатады. Берілген ауданның уақыт бірлігі ішінде өтетін сондай энергия мөлшері *сәулелік энергия ағыны* деп аталады.

$$dW = \Phi \cdot dt$$

(1св. = 1лм.1с)

Сәулелік энергия ағынының көзге әсер етіп, көру сезімін туғызатын бөлігі *жарық ағыны* Φ деп аталады. , денелік бұрыш. Электромагниттік толқындардың бәрі бірдей көру сезімін тудыра бермейді, тек толқын ұзындықтары, шамамен 0,4мкм-ден, 0,76мкм-ге немесе 400нм-ден 76,0нм-ге дейінгі түсті сәулелер ғана көру сезімін туғызады.

$$d\Phi = I \cdot d\omega$$

(1лм.= 1кд. · 1стер.)

Φ – люмен

Жарық күші. Жарықталыну.

Жарық күші. Егер нүктелік жарық көзінен шыққан көрінетін жарық барлық жаққа бірқалыпты таралып, толық денелік бұрыш (4π) қамтитын барлық жарық ағыны Φ болса, онда жарық күші $I = \Phi / 4\pi$ -ге тең болады.

Практикада кездесетін жарық көздерінен шығатын жарық ағыны барлық жаққа бірқалыпты таралмайды. Сондықтан берілген бір бағыттағы шын жарық үшін табу үшін осы бағыт бойынша элементтар денелік бұрыш $d\omega$ алынып, сол денелік бұрышқа $d\Phi$ жарық ағыны өлшенеді, яғни:

$$d\Phi / d\omega; (1\text{лм.} / 1\text{стер.} = 1\text{кд.})$$

Егер жарық ағыны барлық жаққа бірқалыпты таралатын болса, жарық көзінен шығатын толық жарық ағыны былай анықталады: $\Phi = 4\pi I$

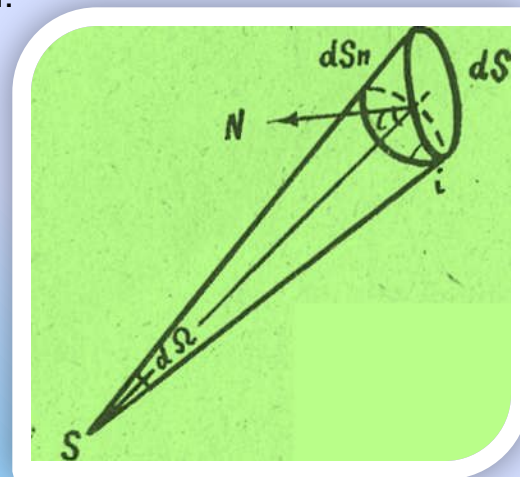
Жарықталыну. Өздері жарық шығармайтын денелер оларға жарық түссе ғана көрінеді, өйткені ондай денелерге түскен жарық азды-көпті шағылып жан жағына шашырайды. Дене неғұрлым күштірек жарықталса, соғұрлым одан жарық көп шашырайды. Дененің жарық болу дәрежесін сипаттау үшін жалықталыну деген шама пайдаланылды. Сонда жарықталыну (E) деп жарық түскен бетін аудан өлшеу бірлігіне келетін жарық ағыны айтылады.

$$E = d\Phi / dS; \quad 1\text{лк.} = 1\text{лм.} / \text{м}^2$$

Мысалы, жарық түскен беттің нүктедей жарық көзінен (1-сурет) қашықтығы r болып, сол бетке жүргізілген нормаль түскен сәулелер аралығындағы бұрыш Ω болсын. Жарық көзі тұрған орнынан қарағанда dS көрінер денелік бұрыш $d\omega$ болсын, сонда бұл бетке түскен жарық ағыны

$$\text{Жарықталыну заңы } E = I \cos \alpha / r^2$$

$$d\Phi = I d\omega \text{ тең.}$$

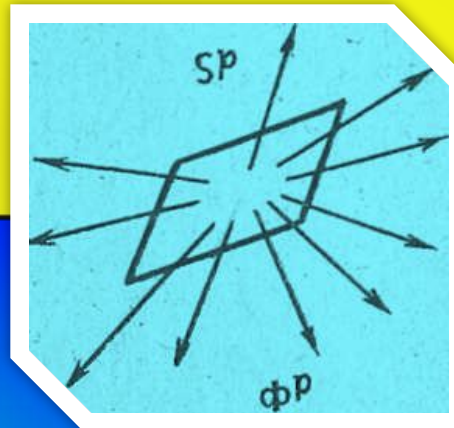


Жарқырау мен жарықталыну өрнектері бір-біріне ұқсас. Жарқырау өрнегіндегі $d\Phi$ қатыстырып отырған жарқырауық беттен шығатын жарық ағының, ал жарықталуындағы $d\Phi$ алынған бетке сырттан түсетін жарық ағынын көрсетеді.

Мысалы: жарық шашыратқыш беттердің жарқырауы оның жарықталуына тура пропорционал. $R = \rho E$; ρ - шашырау коэффициенті, көп жағдайда $\rho < 1$.

- Пластикада кездесетін жарық көздері аумақты болады, мысалы жарқырауық қатты дененің белгілі өлшемдері болады. Осындай жарық көзінің ds бетінің (1-сурет) бір жағына, яғни 2π -ға тең денелік бұрыш ішіне таралған жарық ағынының сол ds бетке қатынасы, яғни *жарық көзі бетінің әрбір аудан бірлігінен шығатын жарық ағыны*, **ЖАРҚЫРАУ (R)** деп аталады.

$$R = d\Phi / dS$$



Жарықтылық

Белгілі өлшемдері бар жарық көзінің жарық шығаруын сипаттау үшін жарықтылық делінетін шамада қолданылады. **Жарық көзінің жарықтылығы деп (B)**- жарық көзінен берілген бағытта кішкене $d\omega$ денелік бұрыш ішіндегі таралған жарық ағынының сол бұрышқа және жарық көзінің көрінер бетіне қатынасын айтады. Жарық, мысалы, алынған бетке жүргізілген нормаль мен α - бұрышы жасалатын бағытта (3-сурет) таралған болса, онда жарықтылық мынаған тең.

$$B = d\Phi / dS \cos \alpha$$

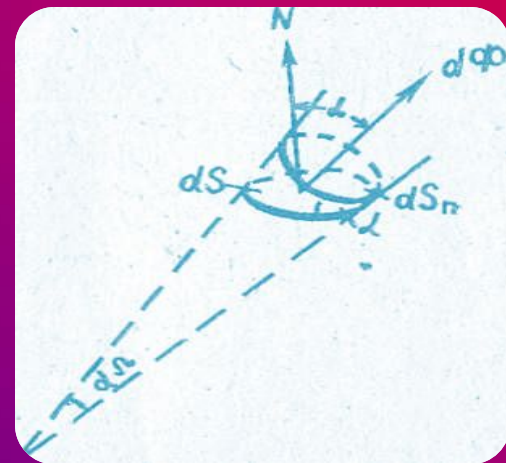
Жарықтылық шамасы жарық көзі бетінің бірлігінен нормаль бағыты бойынша шығатын жарық күшіне тең.

Егер жарықтылық шамасы жарық таралатын бағытқа тәуелді болса, онда жарқырау ауданнан элементар $d\omega$ денелік бұрыш ішінде таралатын жарық ағыны $\cos \alpha$ -ға пропорционал болады.

$$d\Phi = B dS d\omega \cos \alpha$$

Белгілі өлшемдері бар косинустік жарық көздерінің жарқырауы мен жарықтылығы өзара байланысты, атап айтқанда:

$R = \pi \cdot B$ яғни, **жарқырау шамасы жарықтылықтан $\pi = 3,14$ есе артық.**

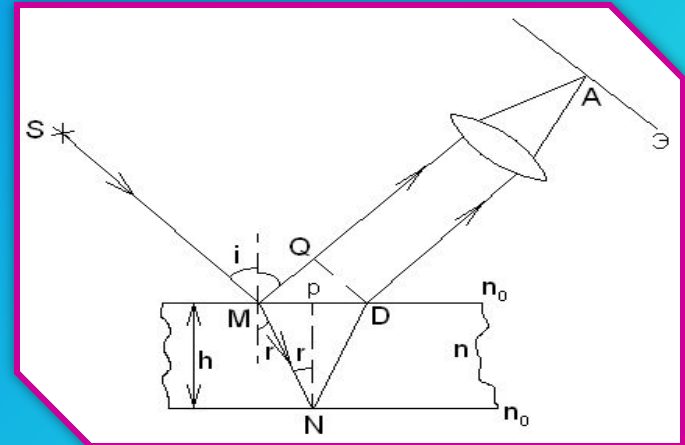


3-сурет. Жарықтылықты анықтау үшін.

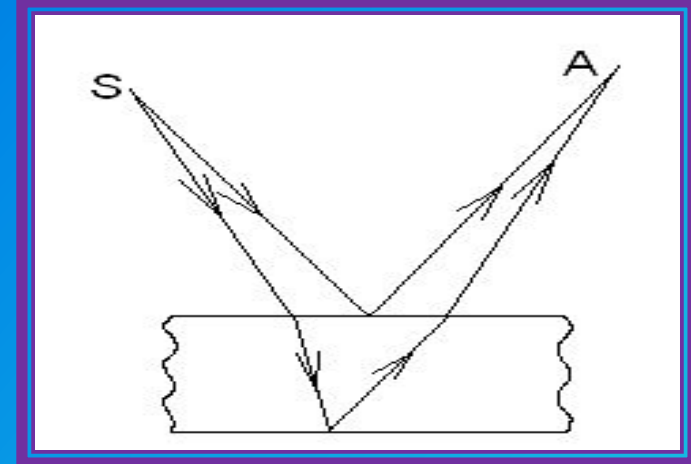
Жарықтың жұқа пленкаларда интерференциялануы.

Жарықтың жұқа пленкаларда интерференциялануы. Мөлдір жұқа пластинка алайық, оның жазық беттері параллель болсын. Осы пластинкаға монохромат жарық шоғы түссін. Сонда А нүктесінен өткен 1 сәуле шағылады, әрі сынады.

Жарық көзі шексіздікте орналассын делік. Э сол кезде шағылған сәулелер бір-біріне параллель болады. Интерференцияланған 2 сәуле -тан А-ға қарай жүретін параллель сәулелер – SA жалғыз сәуледен шыққан.



- А нүктесінде сәулелердің жол айырымына байланысты max және min байқалады. Жарық әртүрлі ортада таралған жағдайда жолдың оптикалық ұзындығы деген ұғым пайдаланылады.
- Жолдың оптикалық ұзындығы деп – жолдың геометриялық ұзындығы мен ортаның жарық сындыру көрсеткішінің көбейтіндісі айтылады.
- Оптикалық жолдар айырмасы жолдың оптикалық айырмасы деп аталады.



$$2h\sqrt{n^2 - n_0^2 \sin^2 i} \pm \frac{\lambda}{2} = (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad \text{- max болады, (1)}$$

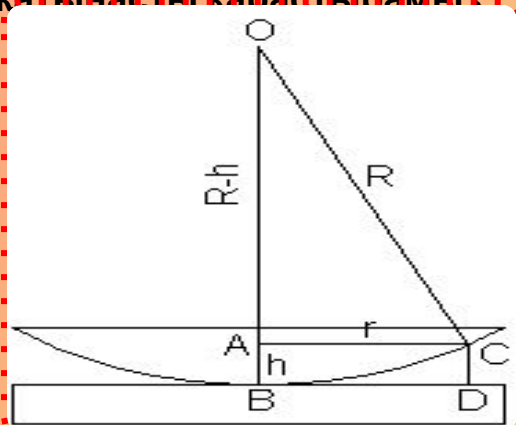
Ал min, егер
$$2h\sqrt{n^2 - n_0^2 \sin^2 i} \pm \frac{\lambda}{2} = m\lambda \quad (2)$$

$m = 0, 1, 2, \dots$ интерференциялық жолақтардың реттік нөмірі.

Ньютон сақиналары.

Егер жазық шыны пластинканың үстіне жазық дөңес линза қойылса, онда олардың арасыда сына пішіндес ауа қабаты пайда болады. Енді осындай системаға, пластинка бетіне шамада перпендикуляр бағытта, монохромат жарық түссін, сонда жарық толқындары осы сына пішіндес қабатының үстіңгі және төменгі шекараларында шағылады да, өзара интерференцияланады, осының нәтижесінде линза мен пластинка тиісіп тұрған нүктесінде қара-қоңыр шеңберлер қоршап тұрады. Бұларды бірінші рет Ньютон зерттегендіктен, Ньютон сақиналары деп атады.

1-суретте жазық пластинканың үстіне жазық дөңес линзаның қимасы кескінделген. Линзаның қисықтық радиусы R мен берілген қара-қоңыр r шеңбердің радиусының арасындағы қатынасты қарастырайық.



$$r_k^2 = R^2 - (R - h)^2 \text{ немесе } r_k^2 = R^2 - R^2 + 2Rh - h^2$$

$$h = \frac{r_k^2}{2R} \quad (1) \quad \Delta = 2h + \frac{\lambda}{2} \quad (2) \quad \Delta = \frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Ал қара-қоңыр шеңберлер түзілу үшін

$$\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad \frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad \frac{r_k^2}{R} = 2k \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}$$

$$\frac{r_k^2}{2} = k\lambda \quad r_k = \sqrt{Rk\lambda} \quad (4)$$

$k = 1, 2, 3, \dots$

Ал жарық шеңберлер түзілу үшін:

$$r_k = \sqrt{(2k - 1)R \frac{\lambda}{2}} \quad (5)$$

Шағылған жарық үшін. Ал өткінші жарықта орталық дақ жарықтық болады.

(4) ақ-жарық шеңбер үшін, ал (5) қара-қоңыр сақина үшін.

Геометриялық оптика

Геометриялық оптика. Ферма принципі. Оптиканың бұл саласында жарық сәулесі деген ұғым пайдаланып, жарықтың әр түрлі мөлдір ортада таралу құбылыстары қарастырылады. Жарық сәулесі деп бойымен жарық энергиясы таралатын геометриялық сызық ұғылады; жарықтың табиғаты жайлы сөз болмайды. Сәулелік оптика заңдарың қарастырайық:

1. Жарықтың түзу сызықтық бойымен таралу заңы.

Жарық сәулелері біртекті ортада түзу сызық бойымен таралады. Бұл заңды тек дифракция құбылыстары есепке алынбайтын жағдайларға ғана қолдануға болады.

2. Жарық шоқтарының тәуелсіздік заңы. Жарықтың бір шоғының әсері басқа шоқтарының әсерлеріне тәуелді емес, яғни жарық шоқтары бір-біріне ықпалын тигізбейді. Бұл заң когерент емес сәулелер шоқтары үшін ғана дұрыс орындалады.

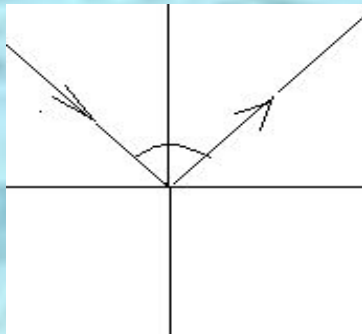
3. Жарықтың шағылу заңдары.

а) Бетке түскен сәуле, одан шағылған сәуле және сол бетке түсу нүктесі арқылы жүргізілген нормаль бір жазықтықта жатады.

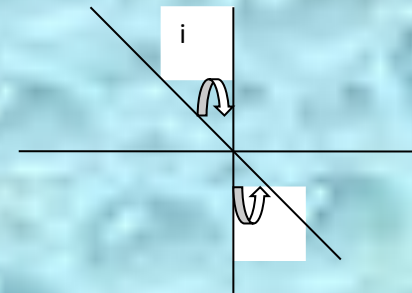
б) Шағылу бұрышы мен түсу бұрышы өзара тең: (1)

4. Жарықтың сыну заңдары.

а) Түскен сәуле, сынған сәуле және түсу нүктесі арқылы екі ортаның шекара бетіне жүргізілген нормаль бір жазықтықта жатады. б) Түсу бұрышы (i) синусының сыну бұрышы (r) синусына қатынасы берілген екі орта үшін тұрақты шама болады:

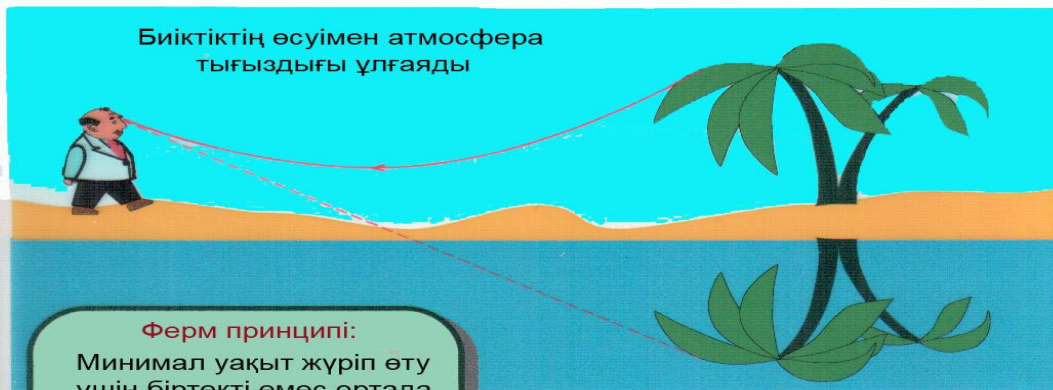


$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$



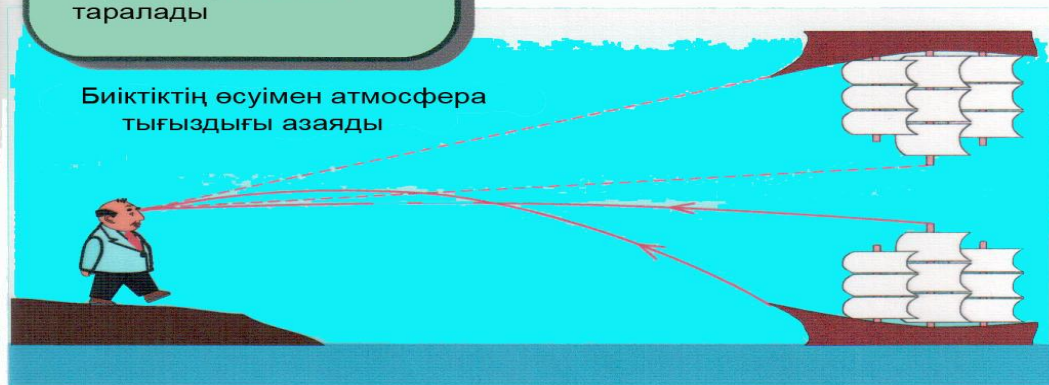
Ферм принципі. Миражи

Биіктіктің өсуімен атмосфера
тығыздығы ұлғаяды

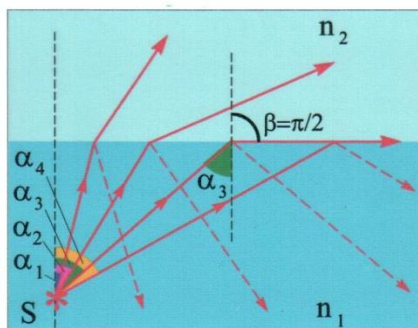


Ферм принципі:
Минимал уақыт жүріп өту
үшін біртекті емес ортада
жарық түзу бойымен
таралады

Биіктіктің өсуімен атмосфера
тығыздығы азаяды



Толық ішкі шағылу



Снеллиус заңынан:

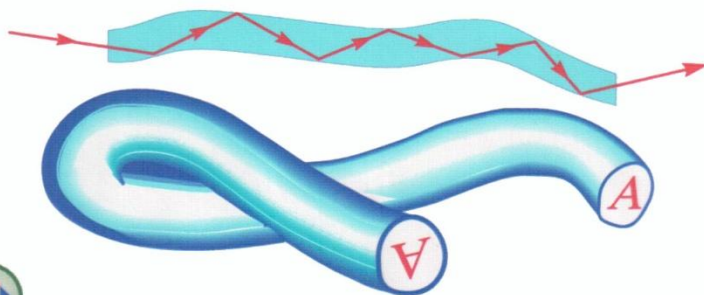
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{мұндағы} \quad \alpha = \alpha_{\text{пр}}, \beta = \pi/2$$

$$\text{Осыдан} \quad \sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

Толық ішкі шағылу шарттары

$$n_2 < n_1, \quad \alpha \geq \alpha_{\text{пр}}$$

Жарық тасымалдағыштағы сәулелердің жүру жолы



Толық ішкі шағылу құбылысы. Жарық тығыздығы кем ортадан тығыздығы артық ортаға өткенде сынған сәуле түсу нүктесінен жүргізілген нормальға жақындайды немесе тығыздығы артық ортадан тығыздығы кем ортаға өткенде нормальдан қашықтайды.

$$n \sin r_0 = \sin i \quad i = \frac{\pi}{2}$$

$$\sin i = 1 \quad \sin r_0 = \frac{1}{n}$$

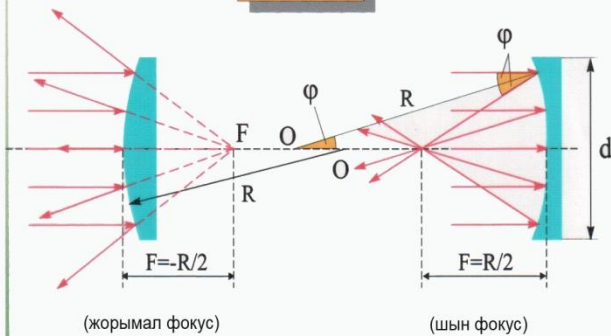
Сфералық айна

ОПТИКА

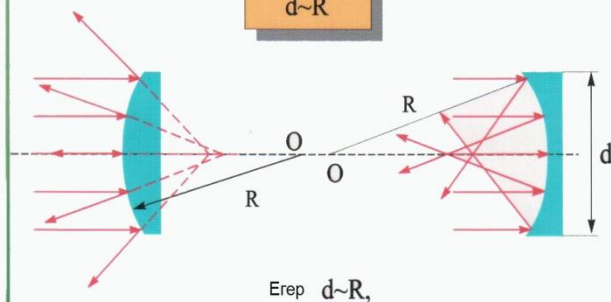
ФИЗИКА

Сфералық айна

$$d \ll R$$



$$d \sim R$$



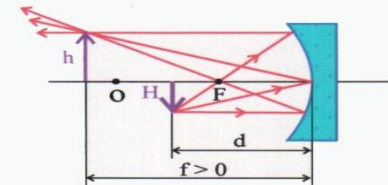
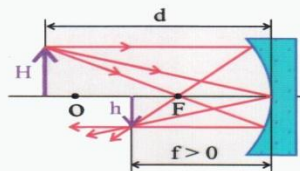
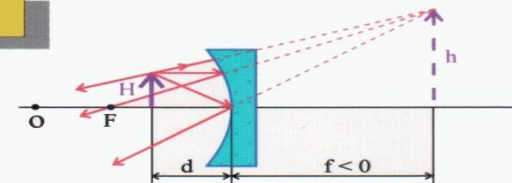
сфералық абберация әсерінен нақты кескін алынбайды

ОПТИКА

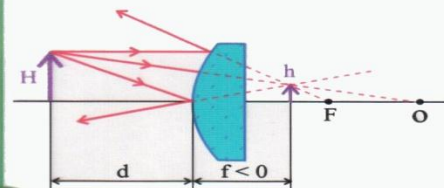
ФИЗИКА

Сфералық айна. Кескіннің түзілуі

Ойыс $F > 0$



Дөңес $F < 0$



Ұлғаю

$$F = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{d}$$

Сфералық айнаның формуласы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

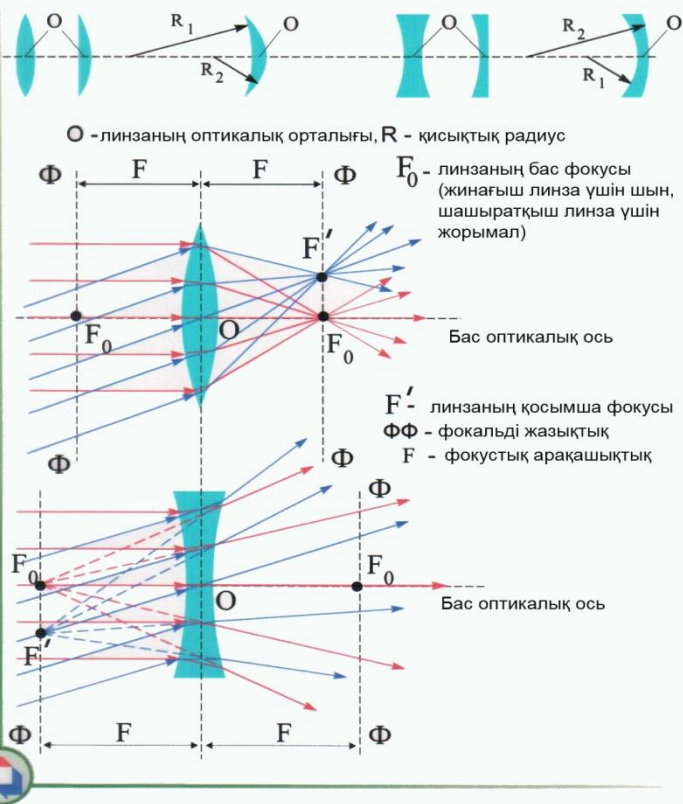
Жарықтың линзада сынууы.

Оптикалық приборлар.

ОПТИКА

ФИЗИКА

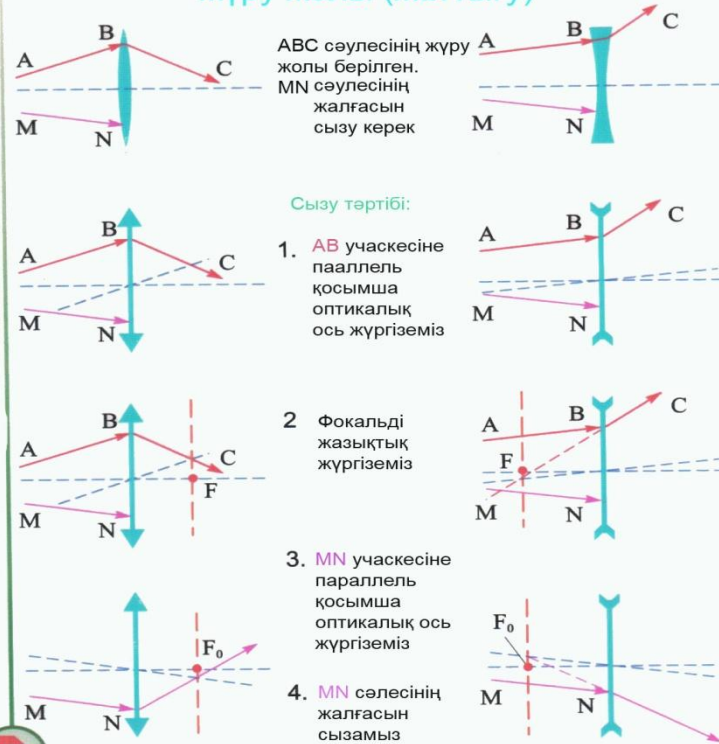
Жұқа линзалар



ОПТИКА

ФИЗИКА

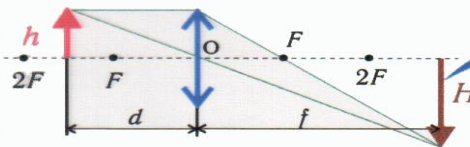
Жұқа линзадан сәулелердің жүру жолы (жаттығу)



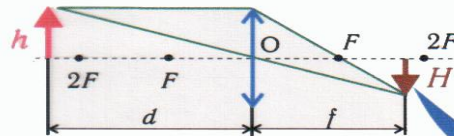
Жұқа линзадағы нәрсенің кескінін алу

Линзаның ұлғайтылуы

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{d}$$

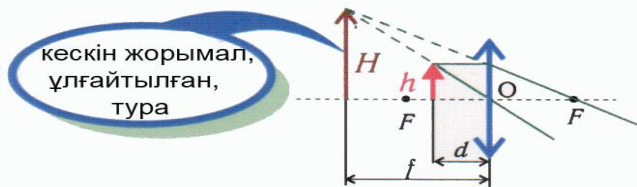


кескін шын,
ұлғайтылған
кері



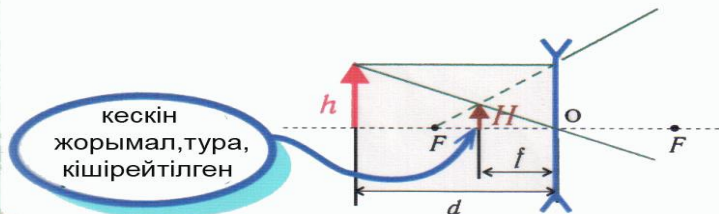
кескін шын,
кішірейтілген,
кері

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$



кескін жорымал,
ұлғайтылған,
тура

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$



кескін
жорымал, тура,
кішірейтілген

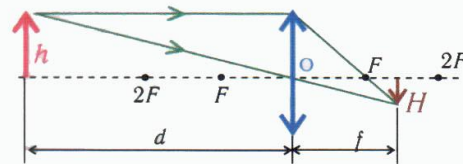
$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$



ОПТИКА

Оптикалық приборлардағы сәлелердің жүру жолдары

ФОТОАППАРАТ



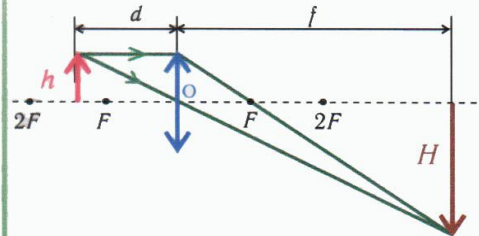
$$\Gamma = \frac{H}{h} < 1$$

$$d > 2F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Кескін - кішірейтілген, шын, төңкерілген

ПРОЕКЦИЯЛЫҚ АППАРАТ



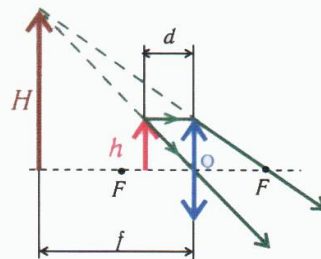
$$\Gamma = \frac{H}{h} > 1$$

$$F < d < 2F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Кескін - ұлғайтылған, шын, төңкерілген

ЛУПА



$$\Gamma = \frac{H}{h} = 1 = \frac{f}{d} \approx \frac{F}{0,25}$$

$$d \approx F \quad f = d$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$

Көздің ең жақсы көру қашықтығы
 $d = 0,25 \text{ м}$

Кескін - ұлғайтылған, жорымал, тура

