

§ 22. Аптычныя прыборы для атрымання сапраўдных відарысаў

Пасродкам вока, а не вокам
Глядзець на свет умее розум.

Вільям Блэйк

■ Цяжка ўявіць жыццё сучаснага чалавека без выкарыстання разнастайных аптычных прыбораў. Яны прымяняюцца не толькі ў быццё і на вытворчасці, але і ў марскіх глыбінях, у космасе і дазваляюць убачыць тое, што раней было ўтоена ад вачэй чалавека. Якую яны маюць будову? Якія іх асноўныя характарыстыкі? Чым яны адрозніваюцца ад аднаго?

Пазнаёмімся з аптычнымі прыборамі, якія шырока выкарыстоўваюцца чалавекам.

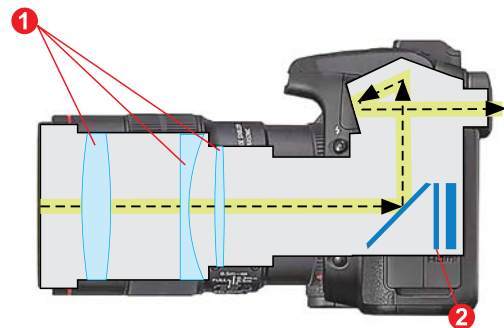
Па сваім прызначэнні аптычныя прыборы падзяляюцца на дзве вялікія групы:

1) для атрымання сапраўдных відарысаў прадметаў (праектары, фотаапараты);

2) для павелічэння вугла зроку (лупа, мікраскоп, падзорная труба).

Фотаапарат — аптычны прыбор, прызначаны для атрымання лічбавых сапраўдных паменшаных адваротных відарысаў прадметаў на святлоадчувальнай матрыцы (сэнсарнай матрыцы) (мал. 158). Пры гэтым прадметы могуць быць размешчаны на розным аддаленні ад пункта здымкі. Фотаапарат складаецца з зачыненай святлонепранікальнай камеры і сістэмы лінз, якія называюцца **аб'ектывам** (гл. мал. 158).

Перасоўваючы аб'ектыв фотаапарата, дамагаюцца наведзення на рэзкасць, пры якой відарыс прадмета фарміруецца дакладна на спецыяльнай святлоадчувальнай матрыцы. У адваротным выпадку відарыс атрымліваецца нярэзкім (размытым). Яна пакрыта сэнсарамі асветленасці, кожны з якіх мае фільтр аднаго з асноўных колераў: сіні, чырвоны або зялёны.



Мал. 158. Лічбавы фотаапарат і яго аптычная схема: 1 — сістэма лінз (аб'ектыв); 2 — святлоадчувальная матрыца

Колькасць светлавой энергіі, якая трапляе на матрыцу, вызначаецца памерамі *дыяфрагмы* і часам адкрыцця затвора (*вытрымкай*).

► Фатаграфічны метад рэгістрацыі відарыса вынайшлі ў 1839 г. Л. Дагер і Ж. Ньепс.

На святлоадчувальным элеменце фарміруецца кропка відарыса — **піксель** (ад англ. *pixel* — *picture element* — элемент відарыса). Чым больш пікселяў, тым больш якасны відарыс атрымліваецца. Таму найважнейшай характарыстыкай лічбавых фотаапаратаў з’яўляецца іх распазнаванне, г. зн. колькасць пікселяў. У самых простых фотаапаратаў яно складае некалькі мегапікселяў, а ў найлепшых — да некалькіх дзясяткаў мегапікселяў. Колькасць сэнсараў уплывае таксама на велічыню відарыса, які можна атрымаць з дапамогай дадзенага апарата.

Пры націсканні кнопкі затвора на кожным пікселі адчувальнага элемента фотаапарата фіксуецца інтэнсіўнасць кожнага з трох колераў. Працэсар апарата, як у камп’ютары, збірае інфармацыю аб колерах у файл і запісвае яе на запамінальную прыладу — картку памяці. Пасля гэтага фота можна прагледзець на камп’ютары ці адмысловай прыстаўцы. Пры гэтым і на самім фотаапарате можна адразу паглядзець зроблены здымак, што з’яўляецца велізарнай перавагай лічбавага фотаапарата.

Якія яшчэ добрыя якасці мае лічбавы фотаапарат?

Па-першае, магчымасць атрымання неабмежавана вялікай колькасці копій без страты якасці «арыгінала» фатаграфіі.

Па-другое, магчымасць выкарыстання фотаапарата пры розных светлавых умовах і на розных адлегласцях без дадатковых прылад.

Па-трэцяе, магчымасць выкарыстання лічбавых відарысаў для пераносу на розныя паверхні і размяшчэння на Web-сайце, а таксама магчымасць рэдагавання з дапамогай розных камп’ютарных праграм.

Па-чацвёртае, магчымасць зрабіць вялікую колькасць здымкаў з мінімальным інтэрвалам часу (10 і больш кадраў за секунду).



Па-пятаяе, габарытныя памеры і маса. Напрыклад, некаторыя апараты маюць памеры $10 \times 6 \times 5$ см і масу 200 г.



1. Для чаго выкарыстоўваецца фотаапарат? Назавіце яго асноўныя часткі і растлумачце іх прызначэнне.



2. Ці можна сфатаграфаваль сьвеце ў люстры? Што пры гэтым атрымаецца на фотаздымку? Адказ абгрунтуйце.

§ 23. Аптычныя прыборы для павелічэння вугла зроку

Паколькі вастрэня зроку чалавека абмежавана, то асобае значэнне як у навуцы, так і на вытворчасці набываюць аптычныя прыборы, якія дазваляюць убачыць і кантраляваць драбнюткія дэталі аб'ектаў. Што для гэтага неабходна? Як называюцца гэтыя прыборы і якую яны маюць будову? Якія іх асноўныя характарыстыкі?



Працэс факусіроўкі відарыса на сятчатку вока называецца акамадацыяй вока (ад лац. *commodus* — зручны).

Блізарукасць — дэфект зроку, пры якім вока бачыць аддалены прадмет не рэзка, а расплывіста.

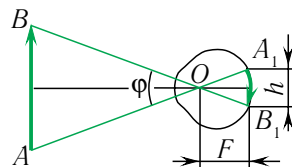
Дальназоркасць — дэфект зроку, пры якім вока не можа бачыць рэзка блізкія прадметы.

Асноўную частку інфармацыі (прыкладна 90 %) аб навакольным свеце мы атрымліваем з дапамогай органаў зроку.

Адлегласць найлепшага зроку — гэта адлегласць ад прадмета да вока, пры якой вочныя мышцы не стамляюцца, і вугал зроку максімальны.

Памер відарыса A_1B_1 прадмета AB на сятчатцы (мал. 159) вызначаецца *вуглом зроку* $\varphi = \frac{h}{F}$, вяршыня якога знаходзіцца ў аптычным цэнтры вока — пункце O .

Вугал зроку ўтвараецца прамянямі, накіраванымі на крайнія пункты прадмета, г. зн. гэта *вугал, пад якім бачны прадмет з аптычнага цэнтра вока*. Адзначым, што відарыс на сятчатцы заўсёды сапраўдны, паменшаны і перавернуты.



Мал. 159. Ход праменяў у воку

Ад бясконца аддаленага прадмета ў вока трапляе пучок паралельных праменяў. У гэтым выпадку ($d = \infty$) акамадацыя не патрабуецца. Калі прадмет набліжаецца, то прамені становяцца разыходнымі. У гэтым выпадку аптычная сістэма вока збірае прамені на сятчатцы. У адрозненне ад фотаапарата навядзенне на рэзкасць дасягаецца не перамяшчэннем «аб'ектыва» хрусталіка, а змяненнем яго аптычнай сілы.

Паняцце «*нармальнае вока*» чалавека характарызуецца адлегласцю найлепшага зроку каля 25 см і мяжой зроку (далёкі пункт), які знаходзіцца на бясконцасці.

З узростам магчымасць акамадацыі хутка памяншаецца, галоўным чынам з-за ўшчыльнення хрусталіка, які траціць здольнасць дастаткова спіскацца. Пажылы чалавек не можа выразна бачыць блізкія прадметы,

а таксама адрозніваць літары ў газетах і кнігах. Да пяцідзесяці гадоў адлегласць найлепшага зроку павялічваецца ў сярэднім да 50 см.

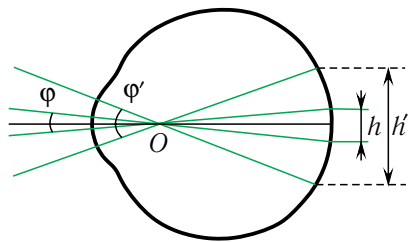
З узростам, з прычыны хваробы ці пры невыкананні гігіены могуць з'явіцца дэфекты зроку. Два найбольш распаўсюджаныя дэфекты зроку — *блізарукасць* і *дальназоркасць*.

Акуляры — першы аптычны прыбор, выкарыстаны чалавекам. З'явіліся яны даволі даўно, у XIII—XIV стст. Для выпраўлення блізарукасці выкарыстоўваюць акуляры з рассеивальнымі лінзамі, а дальназоркасці — акуляры са збіральнымі лінзамі. Цяпер акуляры сталі звычайным прадметам ужытку і многім даюць магчымасць нармальна жыць і працаваць. Іншай разнавіднасцю прылад, якія карэктуюць зрок, з'яўляюцца кантактныя лінзы. Акрамя практычнасці, іх асаблівасцю з'яўляецца шчыльны кантакт з рагавіцай, які дазваляе значна паменшыць скажэнні і павялічыць поле зроку сістэмы вока — лінза.

Наша вока не дае магчымасці ўбачыць вельмі дробныя аб'екты без спецыяльных дапаможных прылад, паколькі мы ясна бачым аб'ект толькі ў тым выпадку, калі ўспрымаем зрокавыя адчужэнні ад розных пунктаў аб'екта.

Аднаводна, два пункты можна паасобна ўбачыць толькі тады, калі іх відарысы атрымліваюцца на розных адчувальных элементах сетчаткі — палачках ці колбачках. Паколькі мінімальная адлегласць паміж суседнімі колбачкамі ці палачкамі ў цэнтральнай ямцы прыблізна роўна 5 мкм, а адлегласць ад сетчаткі да хрусталіка — 17 мм, то мінімальны вугал зроку, пры якім два пункты яшчэ бачныя паасобна для нармальнага вока, складае каля $1'$. Акрамя таго, мінімальны вугал зроку павінен адпавядаць дыфракцыйнаму пашырэнню пучка, выкліканаму яго праходжаннем праз зрэнку.

Чым большы вугал φ паміж прамымі, якія злучаюць аптычны цэнтр вока O (мал. 160) з крайнімі пунктамі прадмета (вугал зроку),



Мал. 160. Павелічэнне вугла зроку

тым больш выразна бачны прадмет і тым большую колькасць розных дэталей можна адрозніць. Вугал зроку можна павялічыць ($\varphi' > \varphi$), набліжаючы прадмет да вока ці вока да прадмета. Пры гэтым памер відарыса на сетчатцы таксама павялічваецца ($h' > h$).

Такім чынам, павелічэнне аб'ёму зрокавай інфармацыі можа быць дасягнута толькі за кошт павелічэння вугла зроку.

Найбольш прасты спосаб павялічыць вугал зроку — наблізіць прадмет да вока. Аднак гэта не заўсёды магчыма. Найменшая адлегласць да вока, пры якой мы яшчэ бачым прадмет, вызначаецца бліжняй мяжой акамадацыі. Досвед паказвае, што аб'ект не факсіруецца на сятчатцы, калі ён знаходзіцца ад вока на адлегласці, бліжэйшай за 14 см. З прычыны гэтага ўзнікае неабходнасць стварэння прыбораў, якія дазваляюць павялічыць вугал зроку.

Аптычныя прыборы, якія ўзбройваюць вока, падзяляюцца на 2 групы:

1) прыборы для разгледжвання *вельмі дробных аб'ектаў* (лупа, мікраскоп), якія гэтыя аб'екты нібы «павялічваюць»;

2) прыборы, прызначаныя для разгледжвання *аддаленых аб'ектаў* (глядзельныя трубы, біноклі, тэлескопы), якія гэтыя аб'екты нібы «набліжаюць».

Лупа — аптычны прыбор (збіральная лінза), які дазваляе павялічыць вугал зроку (г. зн. павялічыць дробныя дэталі прадметаў) (мал. 161).

Лупа ўяўляе сабой караткафокусную лінзу (F ад 10 мм да 100 мм), якая размяшчаецца паміж вокам і прадметам.

Пры выкарыстанні лупы прадмет трэба змясціць паблізу ад факальнай плоскасці лінзы (відарыс знаходзіцца на бясконцасці), каб мышцы вачэй былі цалкам расслаблены. Прадмет можа таксама змяшчацца на адлегласці найлепшага зроку, г. зн. паміж фокусам і аптычным цэнтрам лінзы.

Павелічэннем лупы Γ называецца адносіна вуглоў, пад якімі бачны прадмет пры выкарыстанні лупы (вугал ϕ') і пры разгляданні яго няўзброеным вокам (вугал ϕ) з адлегласці найлепшага зроку d_0 (мал. 162):

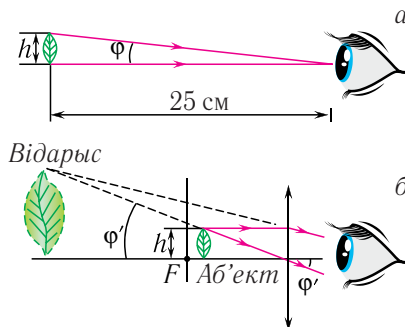
$$\Gamma = \frac{\phi'}{\phi}.$$

Тады павелічэнне лупы роўна:

$$\Gamma = \frac{\phi'}{\phi} = \frac{F + d_0}{F} = 1 + \frac{d_0}{F}. \quad (1)$$



Мал. 161. Лупа



Мал. 162. Дробны прадмет, разглядаемы: *a* — няўзброеным вокам на адлегласці найлепшага зроку; *б* — праз лупу

Гэта формула адпавядае *акамадацыі вока на адлегласць найлепшага зроку*.

Тады вугал $\varphi' = \frac{h}{F}$ і павелічэнне лупы ў гэтым выпадку мае выгляд:

$$\Gamma = \frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{d_0}{F}. \quad (2)$$

Гэта формула адпавядае *акамадацыі вока на бясконцасць*.

Але ў гэтым выпадку трэба напружваць мышцы вачэй.

У выніку таго, што $d_0 = 0,25$ м, звычайна лупы маюць павелічэнне ад 2,5 да 25 разоў. Лупы з павелічэннем $\Gamma > 40$ не выкарыстоўваюцца з-за моцных скажэнняў відарыса або невялікага агледу.

► У XVII ст. галандскі майстар Антоній Ван Левенгук з дапамогай лінз змог убачыць капіляры крывяноснай сістэмы, чырвоныя крывяныя целы, вывучыць падрабязнасці будовы найпрасцейшых аднаклетачных.

Мікраскоп (ад грэч. *μικρος* (мікрас) — маленькі і *σκοπεω* (скапэа) — гляджу) — аптычны прыбор для атрымання моцна павялічаных відарысаў аб'ектаў ці дэталей іх структуры, нябачных няўзброеным вокам.

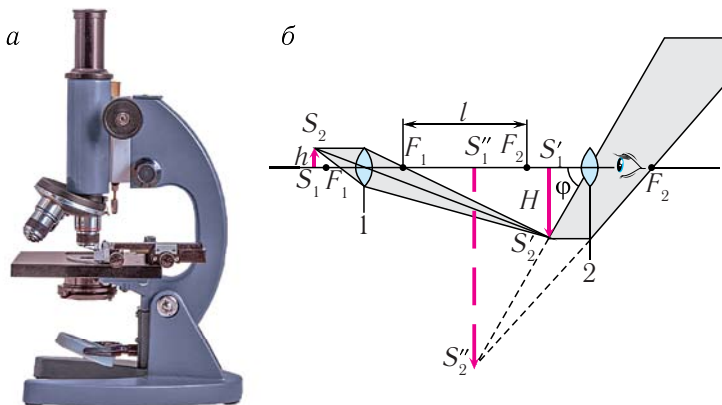
Такім чынам, прызначэнне *мікраскопа* заключаецца ў тым, каб атрымліваць з яго дапамогай такія відарысы неадразнага для вока прадмета, які, не знаходзячыся бліжэй за 14 см ад вока, разглядаўся б пад вуглом зроку, большым за гранічны вугал у $1'$.

Мікраскоп складаецца з дзвюх збіральных лінзавых сістэм: аб'ектыва 1 з фокуснай адлегласцю F_1 , роўнай некалькім міліметрам, і акуляр 2 з фокуснай адлегласцю F_2 , роўнай некалькім сантыметрам (мал. 163). Прадмет S_1S_2 змяшчаецца перад фокусам аб'ектыва.

У мікраскоп аб'ект бачны больш дэталёва, паколькі разгляданне ўяўнага відарыса $S_1''S_2''$ аб'екта ў акуляр ажыццяўляецца пад большым вуглом зроку.

З-за з'явы дыфракцыі ў мікраскоп немагчыма разглядаць аб'екты, памеры якіх параўнальныя з даўжынёй хвалі святла. Такім чынам, максімальнае павелічэнне мікраскопа абмежавана ($\Gamma \leq 2000$) з прычыны хвалевай прыроды святла.

Пры разгледжванні буйных, але вельмі аддаленых аб'ектаў вугал зроку малы і можа быць меншым за гранічны. У гэтым выпадку для павелічэння вугла зроку выкарыстоўваюцца *біноклі* і *тэлескопы*.

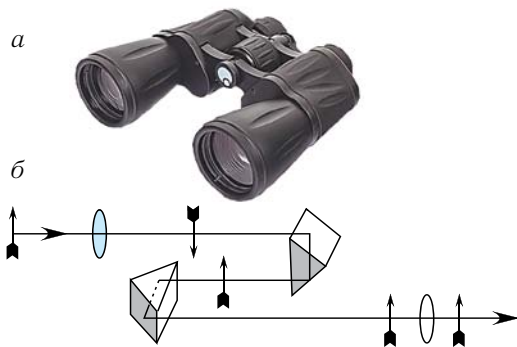


Мал. 163. Мікраскоп: *а* — агульны выгляд; *б* — аптычная схема і ход праменняў

Тэлескопы (ад грэч. $\tau\eta\lambda\epsilon$ (тэле) — далёка і $\sigma\kappa\omicron\pi\epsilon\omega$ (скапэа) — гляджу) — астранамічныя аптычныя прыборы, прызначаныя для назірання нябесных цел. Аб іх вы даведаецеся падрабязна ў курсе астраноміі.

Дзве маленькія падзорныя трубы, складзеныя разам для двух вачэй, утвараюць **бінокль** (мал. 164, *а*). Паколькі труба Кеплера дае перавернуты відарыс, то ў бінокліх, пабудаваных на яе аснове, выкарыстоўваецца абарачальная сістэма з дзвюх прызм з поўным адбіццём (мал. 164, *б*).

Наяўнасць дзвюх прызм дазваляе стварыць прамы відарыс, паколькі адна прызма паварочвае відарыс у вертыкальнай плоскасці, другая — у гарызантальнай. Акрамя таго, дзякуючы прызмам аб'ектывы ў палявым біноклі можна рассунуць больш, чым акуляр, якія прыстаўляюцца да вачэй (гл. мал. 164). Адпаведна, відарыс у такім біноклі не толькі набліжаны, але і аб'ёмны.



Мал. 164. Бінокль: *а* — агульны выгляд; *б* — абарачальная сістэма прызм

1. Што такое вугал зроку? Чым вызначаецца мінімальны вугал зроку?
2. Для чаго прызначана лупа? Мікраскоп? Падзорная труба? Бінокль?
3. Чым мікраскоп адрозніваецца ад падзорнай трубы?
4. Які колер забяспечвае найлепшую адрознівальную здольнасць аптычнага мікраскопа?

5. Чаму аптычны мікраскоп не дазваляе назіраць малекулы і клеткі?
6. Чаму відарыс, які дае бінокль, аб'ёмны?
7. Атамы маюць памеры парадку $\sim 10^{-10}$ м. Растлумачце, ці можна, выкарыстоўваючы бачнае святло, візуальна назіраць атам.



САМАЕ ВАЖНАЕ Ў РАЗДЗЕЛЕ 3

Оптыка — раздзел фізікі, у якім вывучаюцца ўласцівасці святла, яго фізічная прырода і ўзаемадзеянне з рэчывам.

Пад **святлом** разумеюць электрамагнітныя хвалі з частотамі ад $1,5 \cdot 10^{11}$ Гц да $3 \cdot 10^{16}$ Гц (даўжыні хваль змяняюцца ў дыяпазоне, які адпавядае інфрачырвонаму, бачнаму і ультрафіялетаваму выпраменьванню).

Электрамагнітныя хвалі распаўсюджваюцца ў вакууме з максімальна магчымай у прыродзе скорасцю пераносу энергіі — $c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Скорасць распаўсюджвання святла ў рэчыве вызначаецца суадносінай:

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

Абсалютны паказчык праламлення рэчыва роўны адносіне модуля скорасці святла ў вакууме да модуля скорасці святла ў рэчыве:

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

Даўжыня хвалі λ_n у рэчыве вызначаецца суадносінай:

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n},$$

дзе λ — даўжыня хвалі ў вакууме, n — абсалютны паказчык праламлення рэчыва.

Пры пераходзе светлавой хвалі з вакууму ў рэчыва або з аднаго рэчыва ў іншае **частата святла застаецца нязменнай**.

Інтэрферэнцыя святла — з'ява ўзнікнення ўстойлівай у часе карціны максімумаў і мінімумаў амплітуд выніковай хвалі, якія чаргуюцца, пры складанні дзвюх (або некалькіх) кагерэнтных хваль.

Аптычная рознасць ходу хваль $\delta = n_2 d_2 - n_1 d_1 = c \left(\frac{d_2}{v_2} - \frac{d_1}{v_1} \right)$ — рознасць адлегласцей, пройдзеных хвалямі з улікам іх розных модуляў скорасцей v_1 і v_2 распаўсюджвання ў гэтых асяроддзях з паказчыкамі праламлення n_1 і n_2 .

Умова максімумаў інтэрферэнцыі:

$$\delta = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Умова мінімумаў інтэрферэнцыі:

$$\delta = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Устойлівае ў часе размеркаванне амплітуд ваганняў у прасторы пры інтэрферэнцыі называецца **інтэрферэнцыйнай карцінай**.

Прынцып Гюйгенса — Фрэнеля:

усе другасныя крыніцы, размешчаныя на хвалевым фронце, кагерэнтныя паміж сабой. Агібаючая хваля, якая атрымліваецца ў выніку інтэрферэнцыі другасных хваль, супадае з хваляй, выпускаемай крыніцай.

З’ява агібання хвалямі непразрыстых перашкод, якая праяўляецца ў адхіленні напрамку распаўсюджвання хваль ад прамалінейнага, называецца **дыфракцыяй**.

Дыфракцыйная рашотка — аптычны прыбор, прызначаны для раскладання святла ў спектр і дакладнага вымярэння даўжынь хваль. Ён складаецца з вялікай колькасці роўнааддаленых паралельных рысак, нанесеных на шкляную або металічную паверхню.

Умова ўзнікнення галоўных дыфракцыйных максімумаў, якія назіраюцца пад вугламі θ пры нармальным падзенні святла на дыфракцыйную рашотку:

$$d \sin \theta = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Пад **праменем** разумеюць лінію, уздоўж якой пераносіцца энергія электрамагнітнай хвалі.

Геаметрычнай оптыкай называюць раздзел оптыкі, у якім вывучаюцца законы распаўсюджвання святла ў празрыстых асяроддзях на падставе ўяўлення аб ім як аб сукупнасці светлавых праменяў.

Закон адбіцця святла:

прамені, падаючы і адбіты, а таксама перпендыкуляр да адбіваючай паверхні, праведзены ў пункт падзення, ляжаць у адной плоскасці;

вугал адбіцця роўны вуглу падзення.

Цэнтр сферы O называецца **аптычным цэнтрам** люстра, яго радыус R — **радыусам** люстра. Вяршыня шаравага сегмента P называецца **полюсам** люстра. Прамая лінія OP , якая праходзіць праз аптычны цэнтр і полюс люстра, называецца **галоўнай аптычнай воссю**. Любая прамая, напрыклад прамая OM , якая праходзіць праз аптычны цэнтр O і паверх-



ню люстра (за виключенням його галої́най аптычнай восі), называецца **пабочнай аптычнай воссю**. Пункт F , які знаходзіцца на галої́най аптычнай восі на адлегласці $F = \frac{R}{2}$ ад полюса люстра, называецца **галої́ным фокусам люстра**.



Змяненне напрамку распаўсюджвання святла пры праходжанні праз мяжу падзелу двух асяроддзяў называецца **праламленнем святла**.

Закон праламлення святла:

прамені, падаючы і праломлены, ляжаць у адной плоскасці з перпендыкулярам, праведзеным у пункце падзення праменя да плоскасці мяжы падзелу двух асяроддзяў;

адносіна сіноса вугла падзення да сіноса вугла праламлення ёсць велічыня пастаянная для двух дадзеных асяроддзяў і роўная адноснаму паказчыку праламлення другога асяроддзя адносна першага:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}.$$

З'ява адсутнасці праломленага праменя пры адбіцці падаючага ад мяжы падзелу асяроддзяў называецца **поўным адбіццём святла**. Найменшы вугал, з якога пачынаецца поўнае адбіццё, называецца **гранічным вуглом поўнага адбіцця**:

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}; \quad (n_2 < n_1).$$

Формула тонкай лінзы:

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

Правіла знакаў:

у выпадку збіральнай лінзы, сапраўднай крыніцы і сапраўднага відарыса знакі перад велічынямі F , d , f выбіраюць *дадатнымі*;

у выпадку рассеивальнай лінзы, уяўнай крыніцы і ўяўнага відарыса знакі перад велічынямі F , d , f выбіраюць *адмоўнымі*.

Лінейным (папярочным) павелічэннем Γ называецца адносіна лінейнага памеру відарыса h да лінейнага памеру прадмета H :

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

Лічбавы фотаапарат — аптычны прыбор, прызначаны для атрымання і запісу аптычнага відарыса на электронныя носьбіты (флэш-карты, дыскі і г. д.).



Лу́па — аптычны прыбор (збіральная лінза), які дазваляе павялічыць вугал зроку.

Мікраскоп — аптычны прыбор для атрымання моцна павялічаных відарысаў аб’ектаў ці дэталей іх структуры, нябачных няўзброеным вокам.

Тэлескоп — астранамічны аптычны прыбор, прызначаны для назірання нябесных цел.



Заданні для самастойных даследаванняў

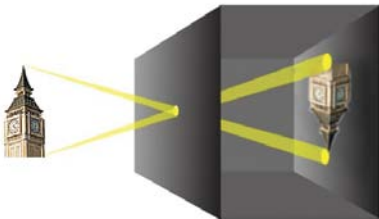
1. Падрыхтуйце інтэрактыўную прэзентацыю (флаер, плакат, рэферат) аб дзейнасці выдатных фізікаў (О. Ромер, А. Фізо, А. Майкельсан, Т. Юнг, А. Фрэнель).

2. Калі паглядзець праз металічную ці пластмасавую трубку на святло, то можна ўбачыць светлыя і цёмныя кольцы. Вывучыце гэту з’яву і растлумачце яе. Даследуйце, як радыусы назіраемых кольцаў залежаць ад дыяметра трубка.

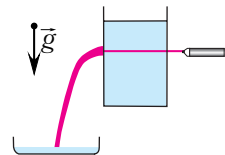
3. Калі зрабіць невялікую адтуліну ў сценцы цёмнай скрыні (камеры-абскуры), то на яе далёкай сценцы з’явіцца адваротны відарыс прадмета (мал. 165). Даследуйце, як яркасць і рэзкасць відарыса залежаць ад дыяметра адтуліны.

4. Калі вы паглядзіце на чытаемы вамі тэкст, то правым, то левым вокам, то ўбачыце некалькі зрушання адносна адзін аднаго і адрозныя відарысы. Да якога зрокавага эфекту прыводзяць гэтыя адрозненні, калі вы глядзіце на тэкст двума вачамі?

5. З празрыстай пасудзіны, напоўненай вадкасцю (напрыклад, вадой), б’е бруя. Крыніца святла (лазер) размешчана такім чынам, каб гарызантальны прамень уваходзіў у брую вадкасці (мал. 166). Пры некаторых умовах бруя вадкасці будзе «працаваць» як святлавод. Даследуйце, як уласцівасці такога святлавода залежаць ад скорасці выцякання вады, ад дыяметра адтуліны.



Мал. 165. Схема камеры-абскуры



Мал. 166. Вадкі святлавод