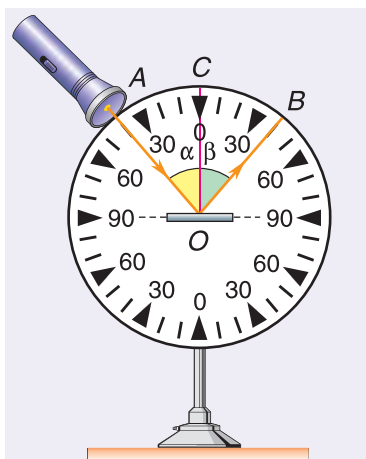




§ 34.

Адбіццё святла

Ці можам мы ўбачыць адзін аднаго цёмнай ноччу? А калі мы наблізімся да ліхтара, які свеціць? Менавіта дзякуючы адбіццю святла мы бачым прадметы, адрозніваем колер адзення, любуемся карцінай мастака. Вядома, што святло адбіваецца ад самых розных прадметаў. Напрыклад, і ад белай сцяны, і ад люстра. Але чаму толькі ў люстры мы бачым сваю выяву? І чаму мы пры гэтым амаль не бачым самога люстра і ў краме можам памылкова працягнуць руку не да яблыка, а да яго відарыса ў люстраной вітрыне?



Мал. 231

Якім бывае адбіццё святла? Якімі законамі яно апісваецца? Правядзём дослед. На аптычным дыску (мал. 231), які ўяўляе сабой круг з дзяленнямі, замацуем люстра. Накіруем з асвятляльніка (лямпачкі ў футляры з адтулінай) на люстра пучок святла (прамень AO).

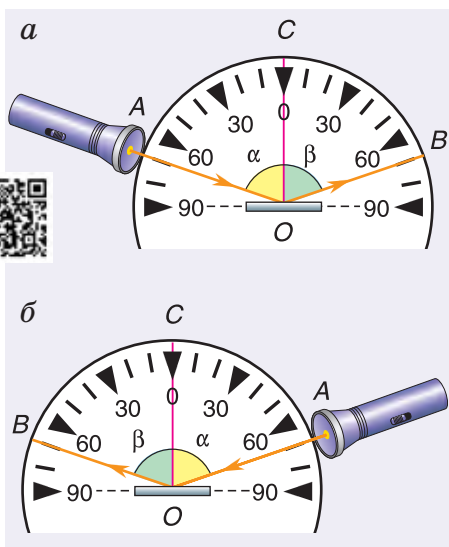
Ад люстра (гладкай адпаліраванай паверхні) светлавя прамень AO практычна цалкам адаб'ецца (прамень OB). Апусцім у пункт падзення праменя AO перпендыкуляр CO да паверхні люстра. Вугал паміж падаючым праменем і перпендыкулярам, праведзеным у пункт падзення, называецца вуглом падзення. Абазначым гэты вугал літарай α .

Вугал, утвораны адбітым праменем і тым жа перпендыкулярам, называецца вуглом адбіцця. Абазначым яго літарай β . А цяпер параўнаем гэтыя вуглы. З доследу бачна, што вуглы адбіцця і падзення роўныя:

$$\beta = \alpha.$$

Павялічым вугал падзення α , павярнуўшы асвятляльнік улева. Вугал адбіцця β таксама павялічыцца (мал. 232, *a*). Але як і раней $\beta = \alpha$.

Тое, што мы на аптычным дыску бачым не толькі падаючы прамень, але і адбіты, гаворыць аб тым, што яны абодва ляжаць у адной плоскасці — плоскасці дыска.



Мал. 232

На падставе вынікаў доследу можна сфармуляваць законы адбіцця святла.

1. Прамень падаючы, прамень адбіты і перпендыкуляр да адбіваючай паверхні, праведзены ў пункт падзення, ляжаць у адной плоскасці.

2. Вугал адбіцця роўны вуглу падзення.

А цяпер па напрамку адбітага праменя (мал. 232, а) пусцім прамень святла ад асветляльнага (мал. 232, б). Ён адаб'ецца ад люстра і пойдзе па напрамку, па якім у папярэднім доследзе ішоў падаючы прамень. Прамені і вуглы памяняліся месцамі. Гэту ўласцівасць адбітага і падаючага праменяў называюць *абарачальнасцю* (або *ўзаемнасцю*) светлавых праменяў.

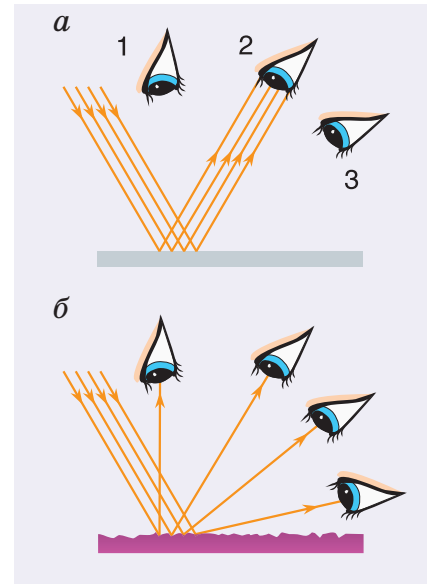
Ці аднолькава адбіваюць святло розныя паверхні?

Няхай на паверхню люстра падаюць накіраваныя прамені святла. Пасля адбіцця ад яго святло пападае ў вока толькі тады, калі вока знаходзіцца ў становішчы 2 (мал. 233, а). Калі яно будзе знаходзіцца ў становішчах 1 або 3, адбітыя прамені ў вока не пападуць. У гэтым асаблівасць люстраў. Люстра на адбівае святло паверхня вады (мал. 234).

А калі паверхня шурпатая? Падаючыя накіраваныя прамені святла адбіваюцца ў розных напрамках (мал. 233, б). Такое адбіццё называецца *дыфузным* (часам гавораць: *рассеянае* адбіццё).

У выпадку дыфузнага адбіцця паверхня бачна пры любым становішчы вока, паколькі ў яго трапляюць адбітыя прамені. Шурпатымі паверхнямі, якія адбіваюць святло дыфузна, з'яўляюцца паверхні сцен, столі, тканін, ваты, снегу (мал. 235), скуры твару, рук і г. д. Толькі дзякуючы дыфузнаму адбіццю мы бачым прадметы, якія самі не выпраменьваюць святло.

Паверхні, якія адбіваюць дыфузна, называюць *матавымі*, а якія адбіваюць люстра на — *бліскучымі*. Прывядзіце самі прыклады бліскучых і матавых паверхняў.



Мал. 233



Мал. 234



Мал. 235

Чым больш святла адбівае паверхня (чым менш паглынае), тым яна здаецца больш светлай. Белы ліст паперы адбівае больш святла, чым шэры кардон, але гэты ж кардон адбівае больш святла, чым чорны аксаміт.

Галоўныя вывады

1. Адбіты прамень ляжыць у той жа плоскасці, што і падаючы прамень, і перпендыкуляр да паверхні, праведзены ў пункт падзення.
2. Вугал адбіцця светлавога праменя роўны вуглу падзення.
3. Светлавя прамені маюць уласцівасць абарачальнасці.
4. Люстраныя паверхні адбіваюць святло накіравана, шурпатыя (матавыя) — дыфузна, г. зн. па ўсіх напрамках.

Кантрольныя пытанні

1. Які вугал называюць вуглом падзення светлавога праменя? Вуглом адбіцця?
2. Як зменіцца вугал адбіцця, калі вугал падзення паменшыцца?
3. У чым выражаецца ўласцівасць абарачальнасці падаючага і адбітага праменяў?
4. Якія паверхні адбіваюць святло люстрана? Дыфузна?
5. Чаму матавую паверхню можна бачыць з любога становішча, а люстраную — не?



Прыклад рашэння задачы

Сонечныя прамені ўтвараюць з гарызонтам вугал $\varphi = 40^\circ$. Як трэба размясціць плоскае люстра, каб адбітыя прамені пайшлі вертыкальна ўверх?

Дадзена:

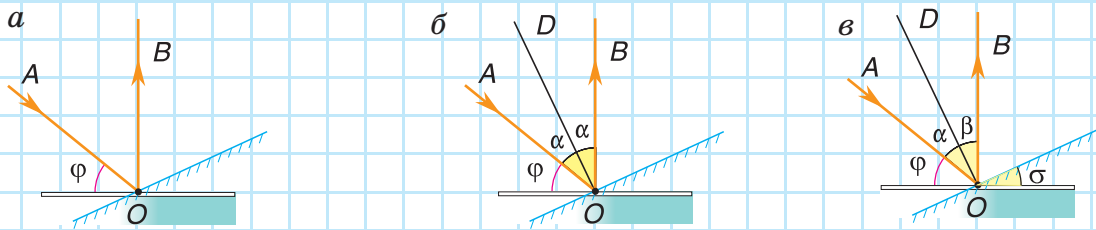
$$\varphi = 40^\circ$$

σ — ?

Рашэнне

Правядзём адбіты прамень OB (мал. 236, а). Вугал AOB , роўны $90^\circ - \varphi = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$, — гэта сума двух роўных вуглоў (падзення і адбіцця ад люстра):

$$\alpha + \beta = 2\alpha = 50^\circ.$$



Мал. 236

Правёўшы бісектрысу OD гэтага вугла, мы атрымаем становішча перпендыкуляра да люстра (мал. 236, б). З чарцяжа (мал. 236, в) вынікае, што шуканы вугал $\sigma = \beta = \frac{50^\circ}{2} = 25^\circ$.

Адказ: $\sigma = 25^\circ$.

Практыкаванне 22

1. Пад якім вуглом адбіваецца прамень, які ўпаў перпендыкулярна да люстра? А які ўпаў пад вуглом $\varphi = 60^\circ$ да паверхні люстра? Пакажыце гэта на малюнку.


2. Чаму паверхня класнай дошкі павінна быць матавай?

3. Люстрана або дыфузна адбівае святло паверхня Месяца? Як гэта можна даказаць, не выкарыстоўваючы даныя касмічных палётаў?


4. Туфлі пачынаюць блішчаць, калі іх змазаць крэмам і пачысціць шчоткай. Якія фізічныя з'явы тут працяўляюцца?

5. Якім будзе вугал адбіцця, калі прамень падаючы і прамень адбіты ўтвараюць вугал $\varphi = 70^\circ$? Пацвердзіце свой адказ чарцяжом.

6. Сонечныя прамені ўтвараюць з гарызонтам вугал $\varphi = 38^\circ$. Як трэба размясціць плоскае люстра, каб асвятліць сонечным святлом дно калодзежа?

 7. На які вугал павернецца адбіты прамень, калі, не змяняючы напрамку падаючага праменя, люстра павярнуць на вугал $\varphi = 10^\circ$ адносна восі, перпендыкулярнай да падаючага праменя?

 8. Чаму адбітак Месяца на паверхні возера, пакрытага рабізнай, здаецца падоўжаным?

 9. У колькі разоў адрозніваецца час дасягнення святла ад Сонца да Месяца і да Зямлі? Даныя, якіх не хапае, знайдзіце самастойна, выкарыстаўшы даведачную літаратуру або Інтэрнэт.

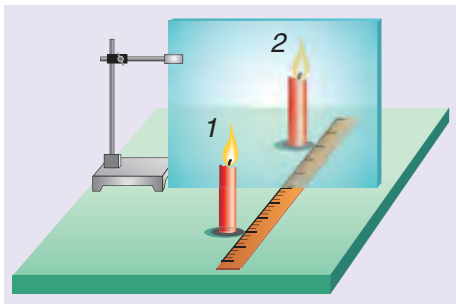


§ 35.

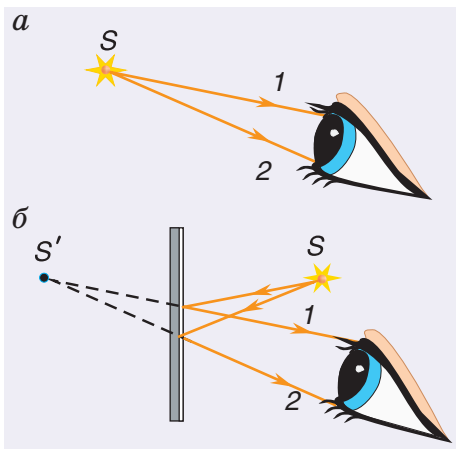
Люстры. Відарыс у плоскім люстры



Мал. 237



Мал. 238



Мал. 239

Кожны дзень па некалькі разоў вы глядзіце ў люстра і бачыце ў ім свой відарыс (мал. 237). Паспрабуем адказаць на шэраг пытанняў: дзе і на якой адлегласці ад люстра знаходзіцца відарыс? Якія яго памеры ў параўнанні з памерамі самога прадмета? Як утвараецца відарыс?

Правядзём дослед. На сталае размесцім вертыкальнае шкляную пласцінку і запаленую свечку 1, як паказана на малюнку 238. Шкляная пласцінка будзе выконваць ролю плоскага люстра. У шкле добра бачны відарыс свечкі. Зазірнуўшы за пласцінку, мы, вядома, не знойдзем гэту свечку.

Такою ж па памерах, але незапаленую свечку 2 будзем перасоўваць з другога боку пласцінкі да таго часу, пакуль яна не сумесіцца з відарысам (не будзе здавацца запаленай). Па лінейцы вызначым адлегласць l_1 ад пласцінкі да свечкі 1 і l_2 — да яе відарыса, г. зн. свечкі 2. Параўнаўшы адлегласці да абедзвюх свечак, мы пераканамся, што $l_1 = l_2$. Паколькі свечка 2 сумясцілася з відарысам па вышыні, то можна зрабіць вывад, што памеры відарыса роўны памерам прадмета.

Працягнем дослед. Перасунем свечку 1 бліжэй да шкляной пласцінкі. Яе відарыс таксама наблізіцца, прычым роўна на столькі ж. У гэтым лёгка пераканацца з дапамогай лінейкі.

Становішча відарыса не зменіцца, калі замест шкляной пласцінкі выкарыстаць плоскае люстра.

З праведзеных доследаў вынікае, што ў плоскім люстры вока бачыць відарыс такіх жа памераў, што і прадмет, і на такой жа адлегласці за люстрам. Але што азначае: «Вока бачыць відарыс»? Як вока вызначае месцазнаходжанне прадмета або яго відарыса?

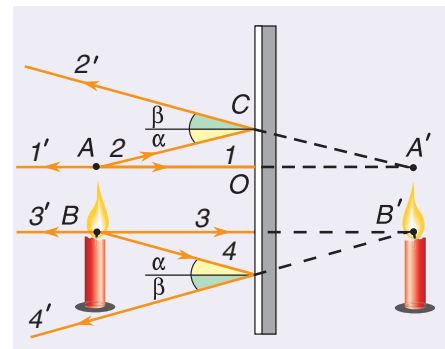
Разгледзім прамені 1 і 2 , якія пападаюць у вока (мал. 239, *а*). Гэтыя прамені ідуць ад пункта S , што свеціцца. А калі прамені пападаюць у вока не ад самога пункта, што свеціцца, а адбіўшыся ад люстра (мал. 239, *б*)? Воку ўсё роўна, як гэтыя прамені ідуць да таго моманту, пакуль не пападаюць у яго. Яно будзе фіксаваць становішча крыніцы праменяў (пункта S) на перасячэнні прадаўжэнняў праменяў, якія пападаюць у яго, — у пункце S' . Вока ўбачыць, што пункт, які свеціцца, знаходзіцца менавіта там. Гэта ўяўны відарыс пункта S , што свеціцца, ад якога ў вока пападаюць прамені 1 і 2 .

Значыць, вока бачыць і сам прадмет (пункт, які свеціцца), і яго ўяўны відарыс толькі тады, калі ў яго пападаюць прамені, што ідуць непасрэдна ад прадмета або пасля адбіцця ад люстра і нясуць светлавую энергію. Калі такіх праменяў няма, то і відарыс у воку не ствараецца.

Растлумачым яшчэ раз, чаму відарыс S' (мал. 239, *б*) у плоскім люстры называюць уяўным. Мы можам убачыць гэты відарыс. Але калі мы змесцім у пункт S' устройства, адчувальнае да светлавой энергіі (фотастужку або проста белы экран), то нічога там не выявім. У гэты пункт энергія святла не паступае.

Пабудуем цяпер відарыс працяглага прадмета (полымя свечкі) у плоскім люстры. Знайдзем відарыс двух крайніх пунктаў A і B . Для пабудовы відарыса кожнага пункта можна выкарыстоўваць два любыя прамені (мал. 240). Няхай прамень 1 падае на люстра ў пункт O перпендыкулярна да плоскасці люстра ($\alpha = 0^\circ$). Адбіты прамень $1'$ пойдзе ўздоўж падаючага, але ў адваротным напрамку ($\beta = \alpha = 0^\circ$). Прамень 2 падае пад вуглом α і адбіваецца пад такім жа вуглом β . На малюнку 240 бачна, што адбітыя прамені $1'$ і $2'$ не перасякаюцца. Перасякаюцца ў пункце A' іх прадаўжэнні. Таму пункт A' і ёсць відарыс пункта A , прычым, як вы ўжо здагадаліся, уяўны відарыс. За люстра не пападаюць светлавяя прамені, а значыць, і светлавой энергіі ў пункце A' няма. Няцяжка даказаць (зробіце гэта самі), што трохвугольнікі ASO і $A'SO$ роўныя. Тады $AO = OA'$. Аналагічна будзецца відарыс пункта B .

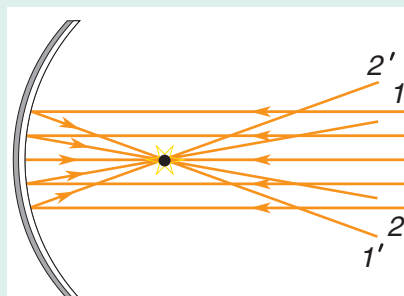
Такім чынам, з доследу і пабудавання вынікае: відарыс прадмета ў плоскім люстры з'яўляецца ўяўным, прамым, па памерах роўным прадмету і знаходзіцца на такой жа адлегласці за люстрам, на якой размешчаны прадмет перад люстрам.



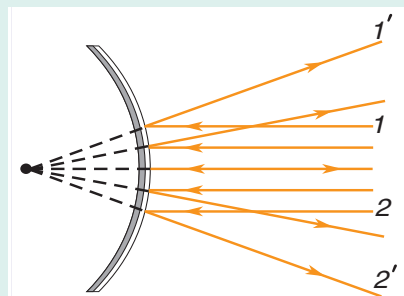
Мал. 240

▼ Для дапытлівых

Важную ролю адыгрываюць люстры, адбіваючыя паверхні якіх з'яўляюцца крывымі: увагнутымі (мал. 241) або выпуклымі (мал. 242). Калі люстра ўвагнутае, яно можа прамені, якія падаюць паралельна, пасля адбіцця сабраць у адным пункце, г. зн. сканцэнтравачь светлавую энергію. Выпуклае люстра, наадварот, пасля адбіцця дае пучок святла, які разыходзіцца.



Мал. 241



Мал. 242



Мал. 243

Люстры прымяняюцца ў розных сферах жыццядзейнасці чалавека: у побыце, медыцыне (мал. 243), транспарце, астраноміі, для афармлення памяшканняў і г. д.

▼ Для дапытлівых

Выпуклыя люстры выкарыстоўваюцца ў аўтамабілях (мал. 244), на скрыжаваннях вуліц для агляду наваколля (мал. 245). Яны забяспечваюць значна больш шырокі агляд, чым плоскія. Увагнутыя люстры выкарыстоўваюцца там, дзе трэба сканцэнтравачь светлавую энергію, напрыклад у люстраным тэлескопе (мал. 246). З яго дапамогай можна назіраць нават няяркія далёкія зоркі.



Мал. 244



Мал. 245



Мал. 246

Галоўныя вывады

1. Светлавя прамені, што падаюць на люстра, адбіваюцца і за люстра не пападаюць.
2. Відарысам пункта, які свеціцца, у плоскім люстры з'яўляецца пункт перасячэння прадаўжэнняў праменяў, адбітых ад паверхні люстра.
3. Плоскае люстра дае ўяўны, прамы відарыс прадмета, роўных з ім памераў і на такой жа адлегласці, што і прадмет, ад люстра.

? Кантрольныя пытанні

1. Чаму для пабудовы відарыса пункта, які свеціцца, недастаткова аднаго праменя святла, які выходзіць з яго?
2. Чаму відарыс пункта, які свеціцца, у плоскім люстры ўяўны?
3. Як даказаць, што памеры прадмета і відарыса ў плоскім люстры роўныя?
4. Чаму часам відарыс у плоскім люстры называюць «аптычным прывідам»?
5. Якую ролю ў атрыманні відарыса прадмета ў люстры адыгрывае вока?
6. Ці можна сцвярджаць, што відарыс прадмета ў плоскім люстры (мал. 247) абсалютна ідэнтычны (аднолькавы) прадмету?



Мал. 247

Практыкаванне 23

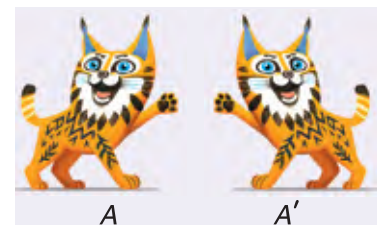
1. Дзе знаходзіцца плоскае люстра, калі эмблема А ІІ Гульняў краін СНД (Мінск, 2023 г.) і яе відарыс А' размешчаны так, як паказана на малюнку 248?

2. Люстра, вока і стрэлка, якая свеціцца, размешчаны, як паказана на малюнку 249. Дзе назіральнік убачыць відарыс стрэлкі? Дакажыце гэта пабудовай відарыса.

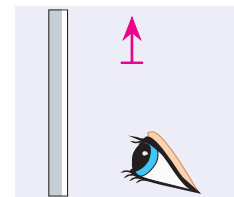
3. Седзячы ў аўтобусе, вы часам бачыце ў люстры ў кабiне вадзіцеля яго твар. Ці бачыць вадзіцель у гэтым люстры ваш твар? Чаму?

4. Па сталёныцы коціцца шарык. Як трэба ўстанавіць на сталё плоскае люстра, каб відарыс шарыка рухаўся вертыкальна: а) уверх; б) уніз?

5. Ці можна сфатаграфавать відарыс у люстры? Праверце на доследзе і растлумачце вынік.



Мал. 248



Мал. 249