

Л.6. Аптычныя з'явы ў прыродзе

Змест:

- 1. Рэфракцыя святла ў атмасферы**
- 2. Захад Сонца**
- 3. Мігценне зорак**
- 4. Міражы**
- 5. Вясёлка**
- 6. Гало**
- 7. Венцы**
- 8. Дзённае святло**
- 9. Блакітны колер неба і чырвоны колер зары**
- 10. Змярканне**

Рэфракцыя святла ў атмасферы

Часта лічаць, што паказчык праламлення паветра роўны адзінцы ($n \approx 1$).

Але гэта меркаванне з'яўляецца прыбліжаным.

Такое можна дапусціць, калі разгледзець пераход святла з паветра ў ваду ці шкло.

Пры распаўсюджванні святла праз зямную атмасферу гэта меркаванне становіцца **неправамерным**.

Пры гэтым трэба ўлічваць не толькі тое, што паказчык праламлення атмасферы шмат большы адзінкі ($n \approx 1,000292$), але і тое, што ён змяняецца ад пункта да пункта адпаведна змяненню шчыльнасці паветра, якое вызначаецца бараметрычнай формулай

$$\rho = \rho_0 \exp\left[-\frac{Mg(h - h_0)}{RT}\right].$$

Сувязь паміж паказчыкам праламлення n і шчыльнасцю паветра ρ вызначаецца роўнасцю

$$n = 1 + c\rho, \quad c = \text{const.}$$

З улікам бараметрычнай формулы атрымліваем

$$n = 1 + c\rho_0 \exp\left[-\frac{Mg(h - h_0)}{RT}\right].$$

Такім чынам, паказчык праламлення атмасферы плаўна змяняецца з вышынёй **h** .

Пры гэтым з вышынёй шчыльнасць паветра і паказчык праламлення **пам'янаюцца**.

У выніку гэтага ўзнікае безупыннае змяненне **напрамку** светлавых прамянёў – траекторыя светлавога прамяня становіцца **крывалінейнай**.

$$n = 1 + c\rho_0 \exp\left[-\frac{Mg(h - h_0)}{RT}\right].$$

З’ява скрыўлення светлавых прамянёў пры праходжанні праз атмасферу называецца рэфракцыяй святла.

Адрозніваюць астранамічную і зямную рэфракцыі.

У першым выпадку разглядаецца скрыўленне светлавых прамянёў, што прыходзяць да зямнога назіральніка ад нябесных цел (Сонца, Месяца, зорак);

у другім – што прыходзяць да назіральніка ад зямных аб’ектаў.

У гэтых выпадках назіральнік бачыць аб'ект не ў тым накірунку, які адпавядае рэчаіснасці; аб'ект можа быць скажонным.

Магчыма назіранне аб'екта нават тады, калі ён фактычна знаходзіцца за лініяй гарызонта.

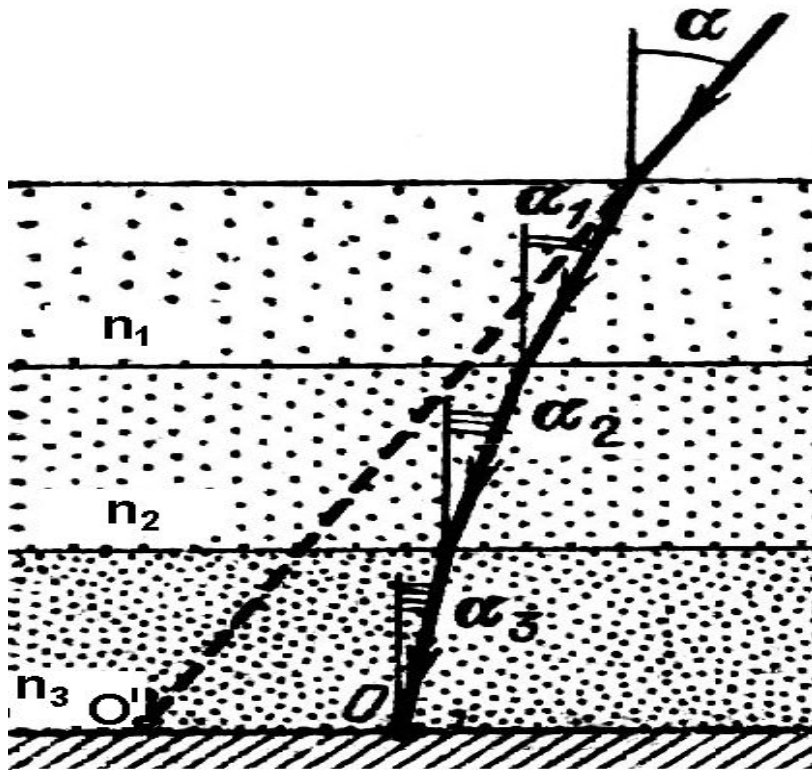
Такім чынам, рэфракцыя святла ў зямной атмасферы можа прывесці да **своеасаблівага падману зроку.**

Уявім, што атмасфера складаецца з набору аптычна аднародных гарызантальных слаёў аднолькавай таўшчыні.

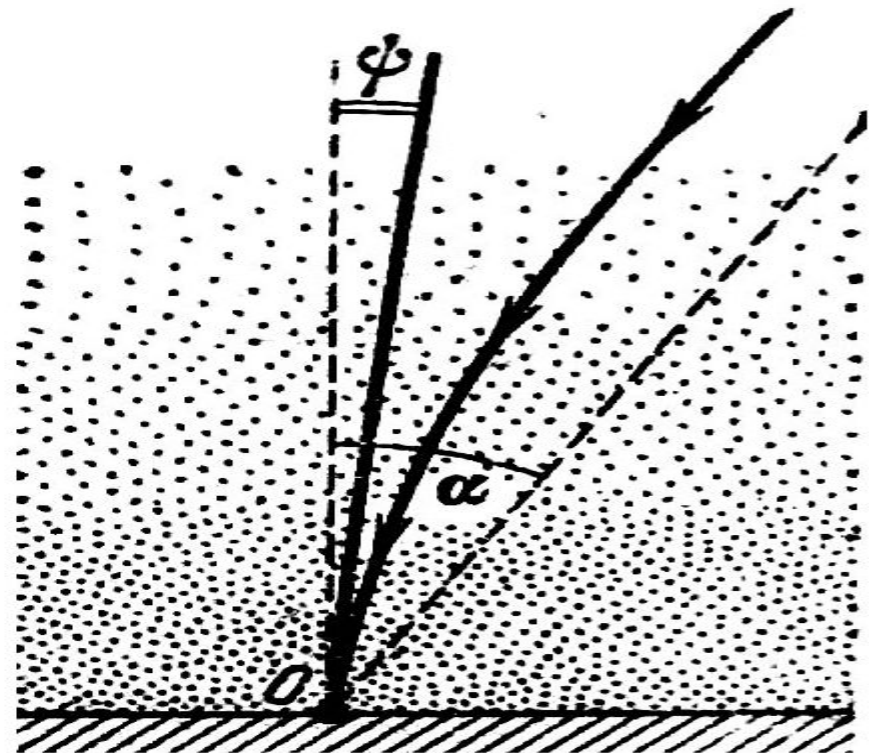
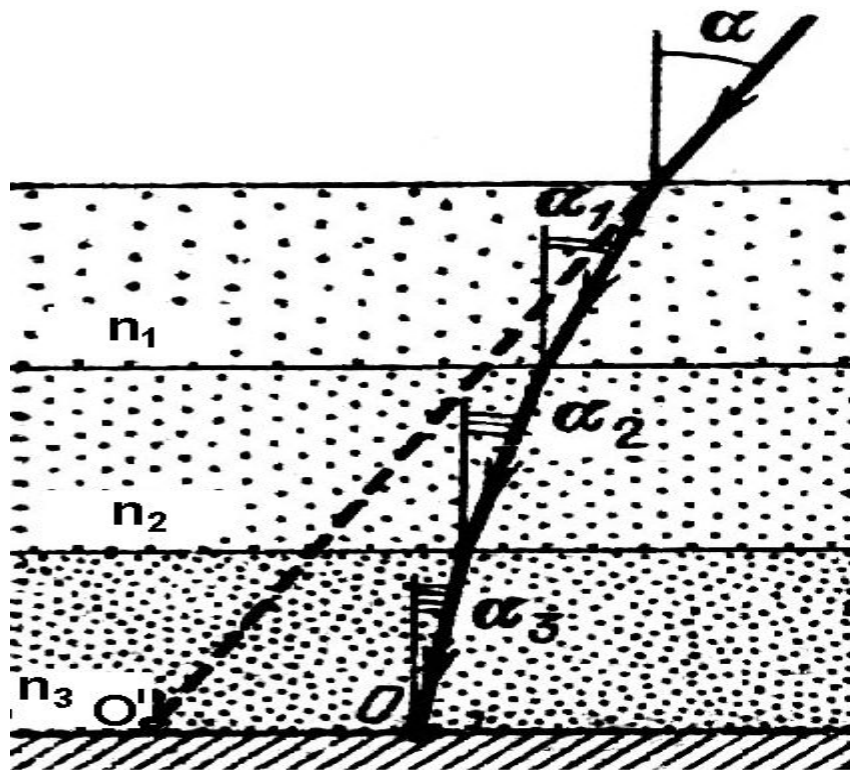
Пры гэтым паказчык праламлення змяняецца скачкападобна ад слоя да слоя, паступова павялічваючы сваё значэнне ад верхніх слаёў да ніжніх

$$n_1 < n_2 < n_3.$$

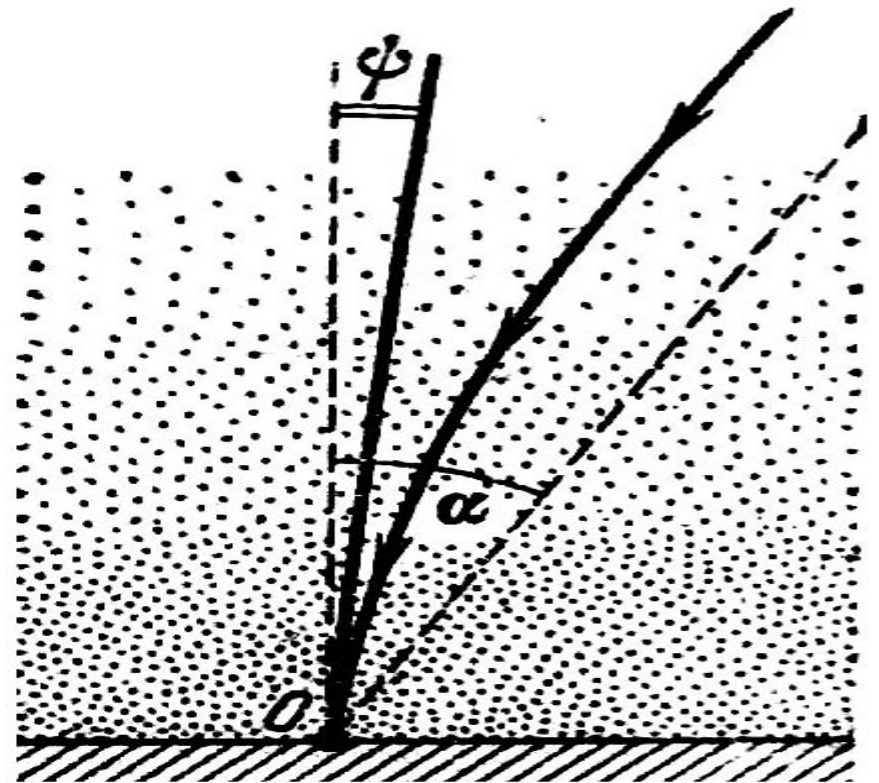
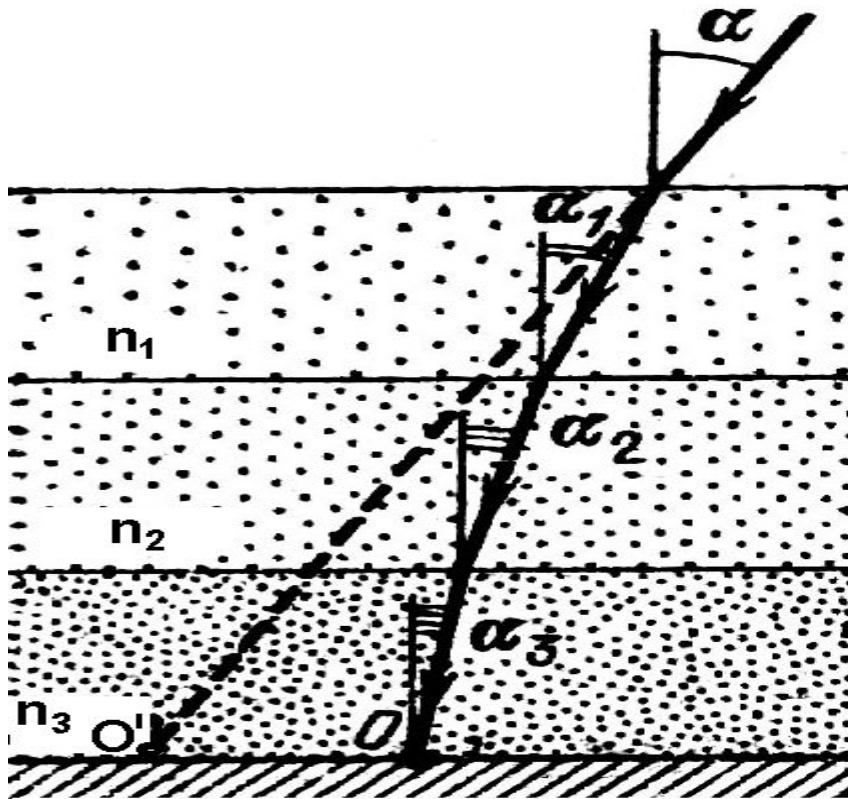
Траекторыя руху святла ўяўляе ломаную лінію.



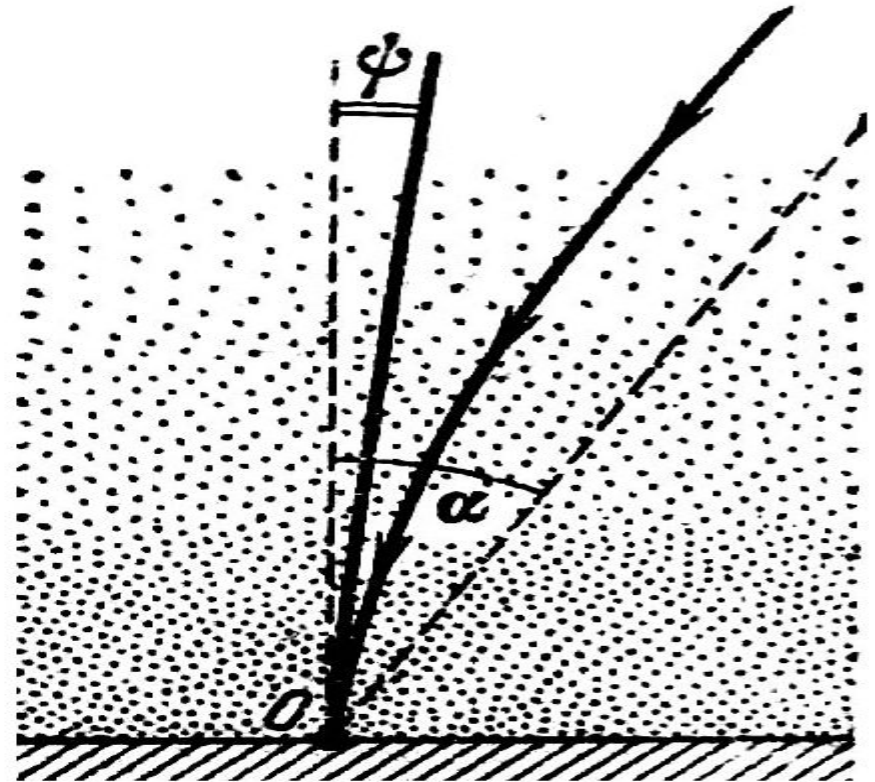
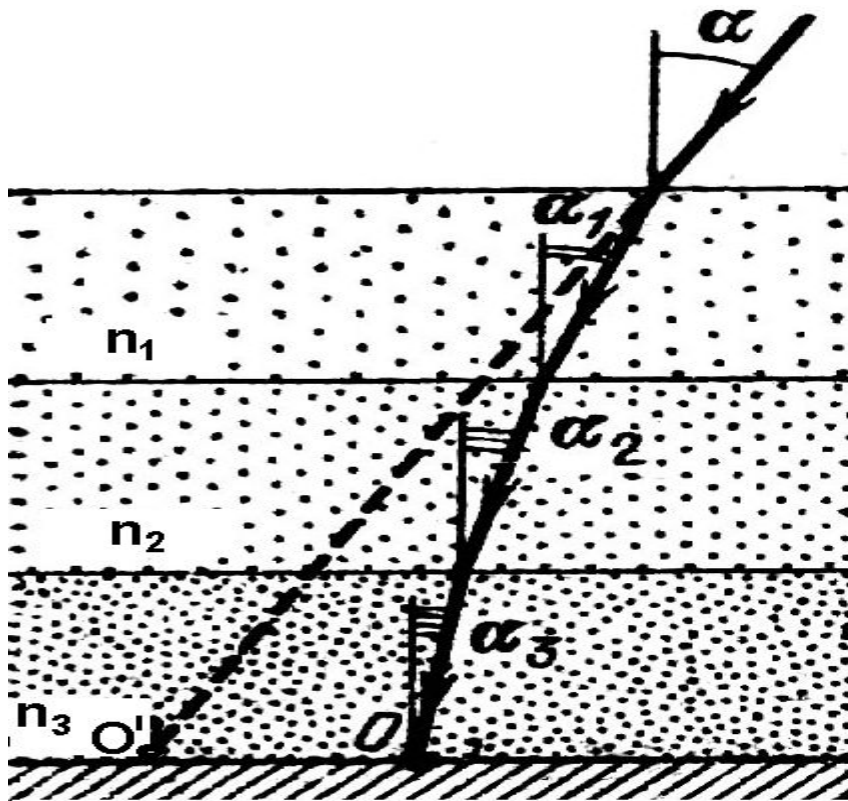
У рэчаіснасці паказчык праламлення зямной атмасферы змяняецца безупынна і траекторыя руху святла ўяўляе плаўную крывую лінію.



Калі б не было рэфракцыі, то аб'ект быў бы бачны назіральніку пад вуглом α (зенітная адлегласць аб'екта).



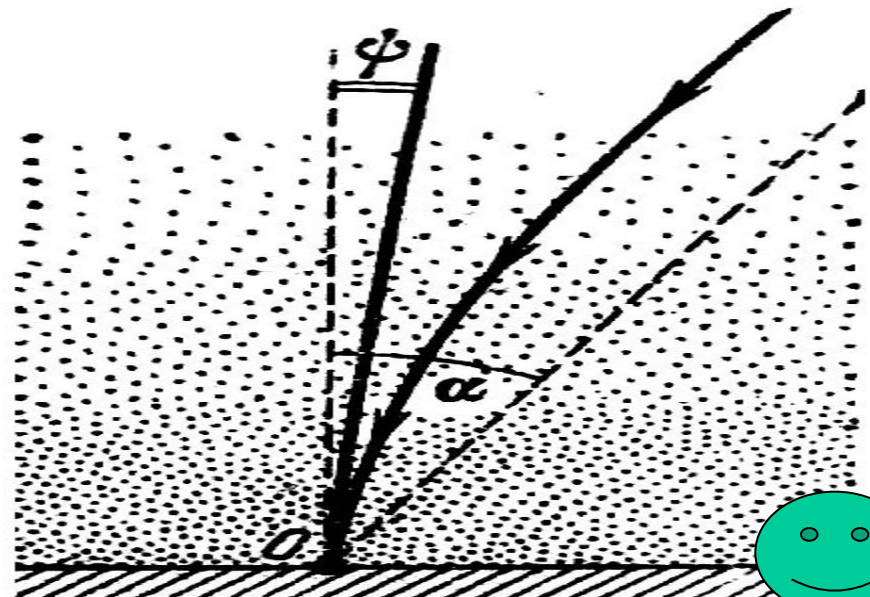
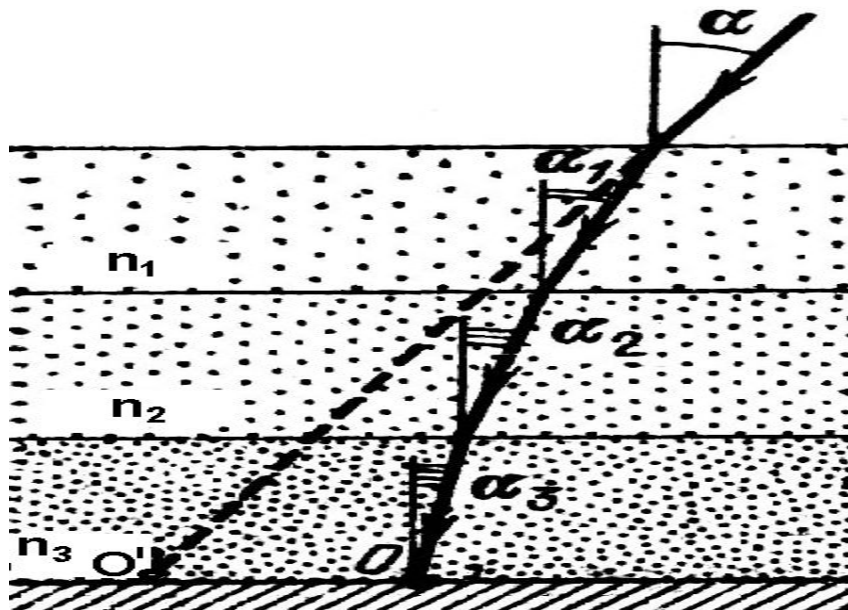
У виніку рэфракцыі назіральнік бачыць аб'ект не пад вуглом α , а пад вуглом ψ .



Паколькі $\psi < \alpha$, то здаецца, што аб'ект знаходзіцца вышэй над гарызонтам, чым гэта ёсць на самай справе.

Гэта азначае, што зенітная адлегласць, што назіраецца, меншая, чым сапраўдная.

Вугал, які роўны рознасці $\Omega = \alpha - \psi$, называюць **вуглом рэфракцыі**.



Захад Сонца

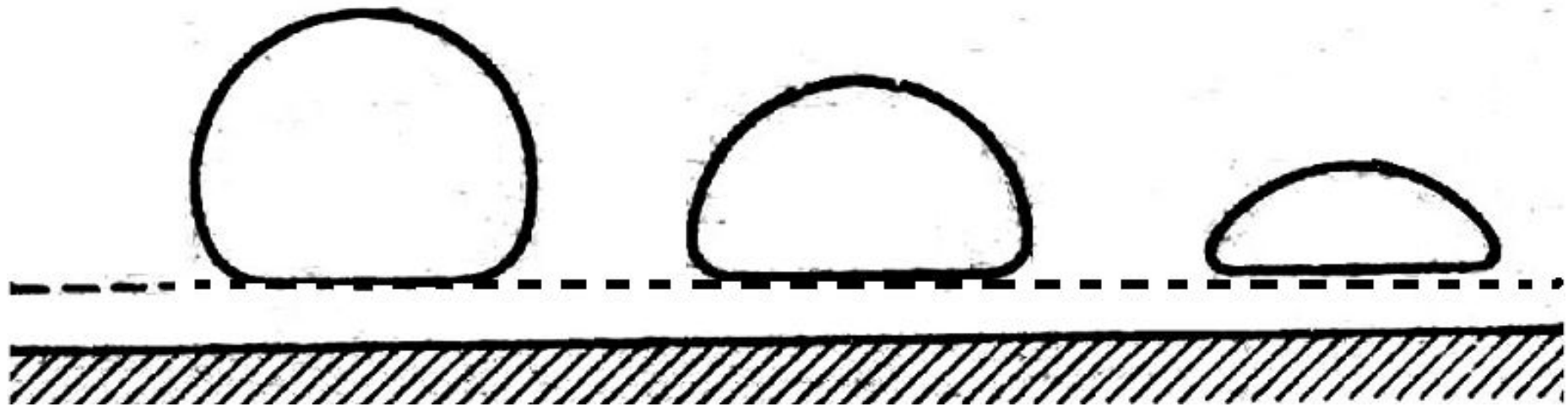
На паказчык праламлення атмасферы ўплывае не толькі вышыня, але і канвекцыйныя патокі, вецер, вільготнасць, **тэмпература** паветра ў розных пунктах над рознымі ўчасткамі зямной паверхні.

$$n = 1 + c\rho_0 \exp\left[-\frac{Mg(h - h_0)}{RT}\right].$$

Ньютан паказаў, што ніжнія слаі атмасферы то разражаюцца, то ўшчыльняюцца цяплом і холадам, а сярэднія і верхнія заўжды халодныя.

Змяненне шчыльнасці і тэмпературы ніжніх слаёў атмасферы прыводзіць да своеасаблівых захадаў Сонца.

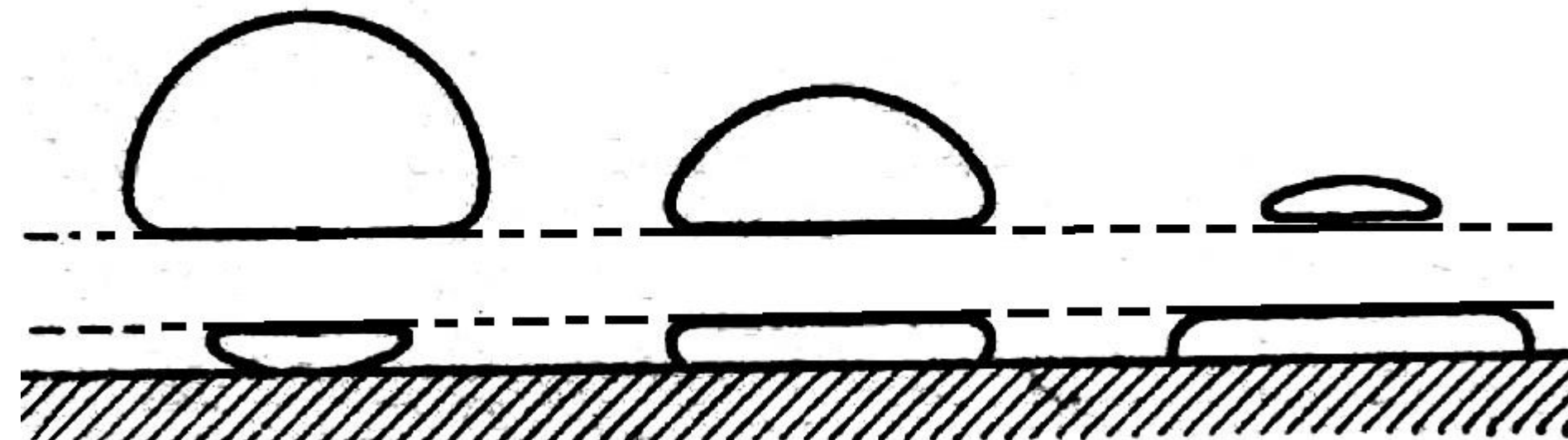
Часам здаецца, што Сонца заходзіць не за лінію гарызонта, а за нейкую небачную лінію, якая знаходзіцца над гарызонтам.



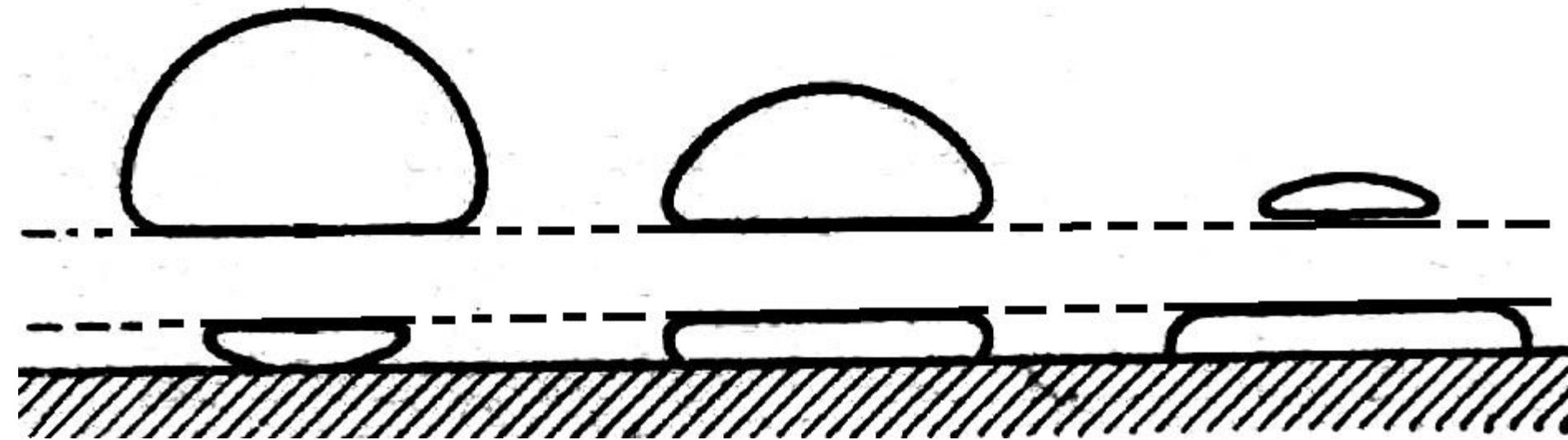
Цікава, што такая з'ява назіраецца пры адсутнасці воблакаў на гарызонце.

Калі ў гэты час падняцца на вяршыню ўзгорка, верхні паверх будынка ці верхнюю палубу цеплахода, то можна назіраць яшчэ **больш дзіўную** карціну:

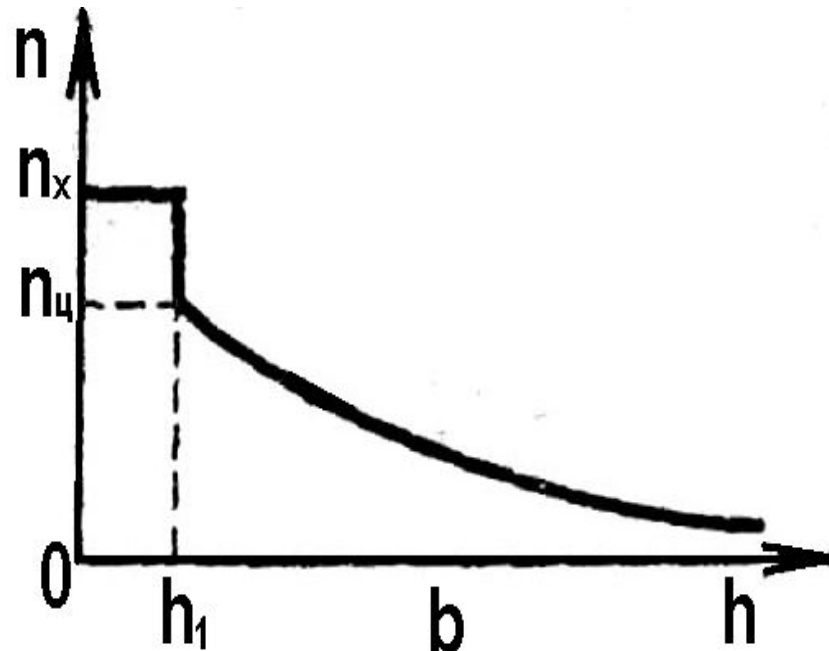
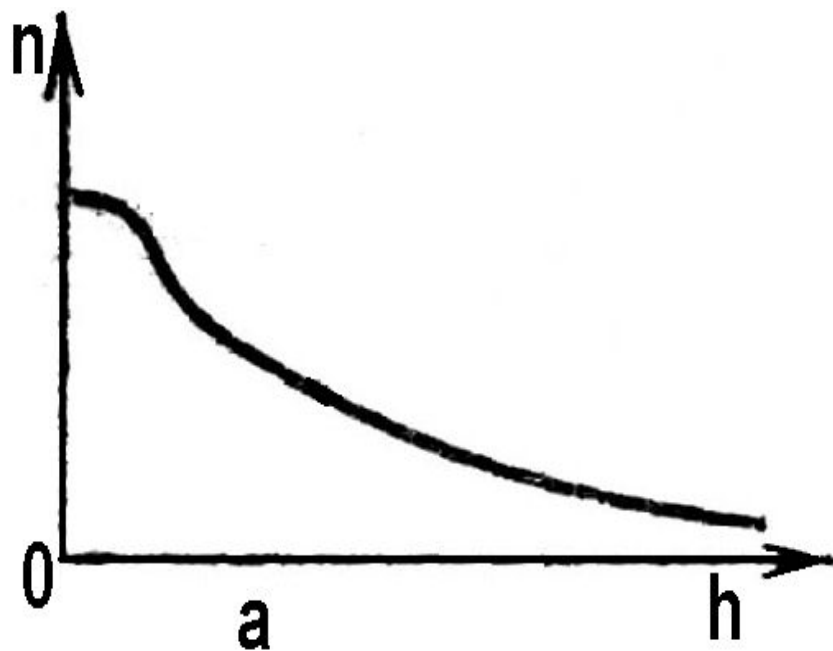
Сонца заходзіць за лінію гарызонта, але сонечны дыск аказваецца як бы перарэзаным гарызантальнай **“сляпой паласой”**, палажэнне якой адносна гарызонта застаецца нязменным.



Такая картина наблюдается, когда в воздухе над самой Землей оказывается **холодным**, а вышэй размяшчаецца слой адносна **цёплага** паветра.

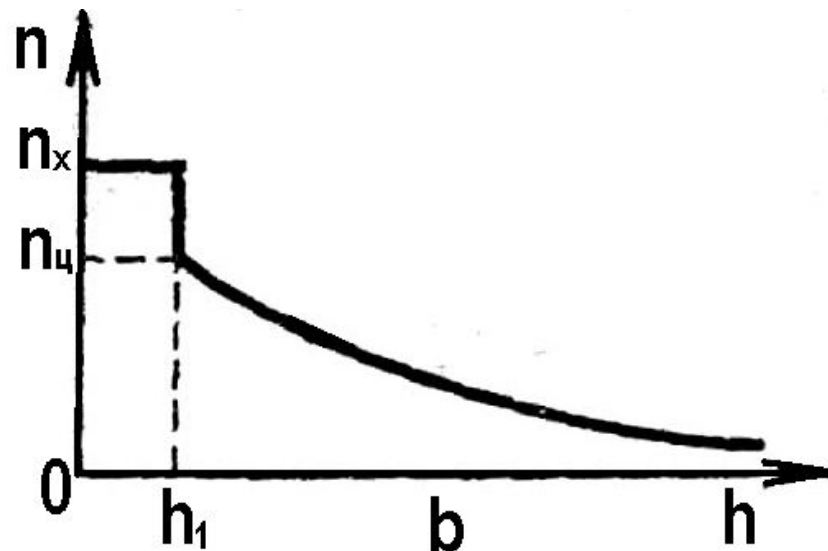
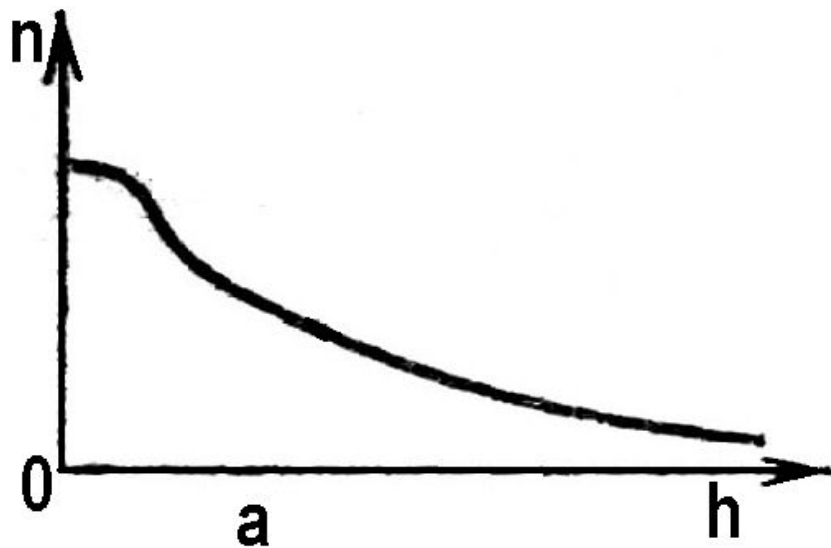


У гэтым выпадку паказчык праламлення паветра n змяняецца з вышынёй h такім чынам, як паказана на рысунку **а**.



Пераход ад ніжняга халоднага слоя да слоя цёплага над ім прыводзіць да рэзкага спаду n , што можна прадставіць у выглядзе скачка (рыс.б).

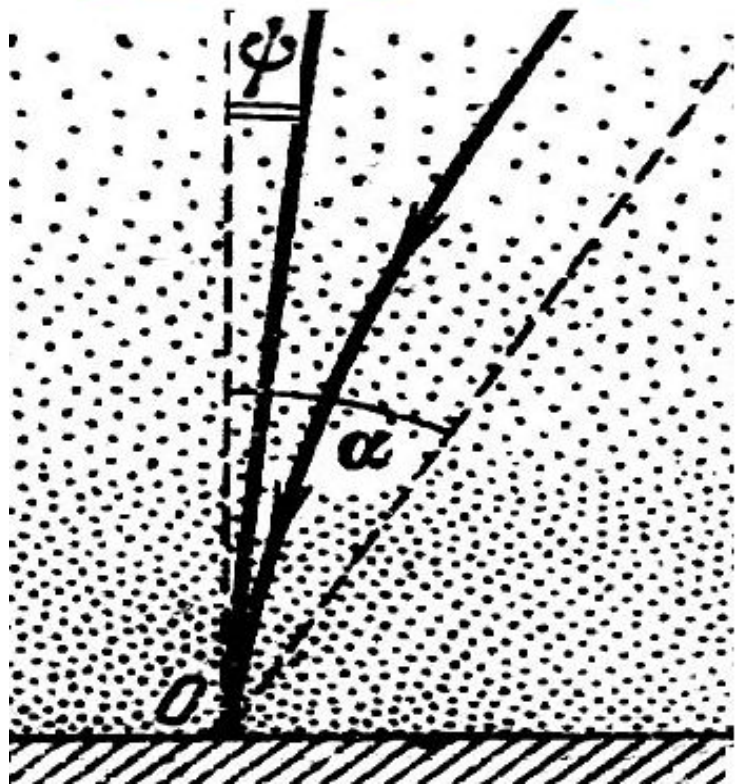
Таму паміж халодным і цёплым сляямі маецца паверхня падзелу, якая знаходзіцца на вышыні h_1 над паверхняй Зямлі – гэта і ёсць “сляпая паласа”.



Мігценне зорак

Гэта з'ява звязана з астранамічнай рэфракцыяй святла і ўяўляе сабой нерэгулярнае змяненне інтэнсіўнасці выпраменьвання касмічных цел.

$$\Omega = \alpha - \Psi$$



Паветраныя патокі ў атмасферы прыводзяць да таго, што вугал рэфракцыі Ω для той ці іншай зоркі, якая назіраецца з паверхні Зямлі, крыху змяняецца з часам – гэта і прыводзіць да мігцення зорак.

Мігценне найбольш прыкметнае ў зорак, якія знаходзяцца **паблізу лініі гарызонта**.

У гэтым выпадку слой атмасферы, праз які вядзецца назіранне, мае **найбольшую аптычную таўшчыню** ($d = l \cdot n$, n - \max).

Касманаўты мігценне зорак не назіраюць.

Мігценне зорак і наземных крыніц святла часта з'яўляецца перашкодай пры правядзенні **навуковых даследаванняў**, ажыццяўленні **шэрага аптычных вымярэнняў**, **аптычнай сувязі і інш.**



Міражы

Гэта з'ява звязана з зямной рэфракцыяй святла.

Існуе наступнае правіла: у аптычна неаднародным асяроддзі светлавы прамень выгінаецца так, што яго траекторыя заўсёды накіравана выпукласцю ў бок памяншэння паказчыка праламлення асяроддзя.

Часта здараецца, што **тэмпература** паветра на вышыні змяняецца.

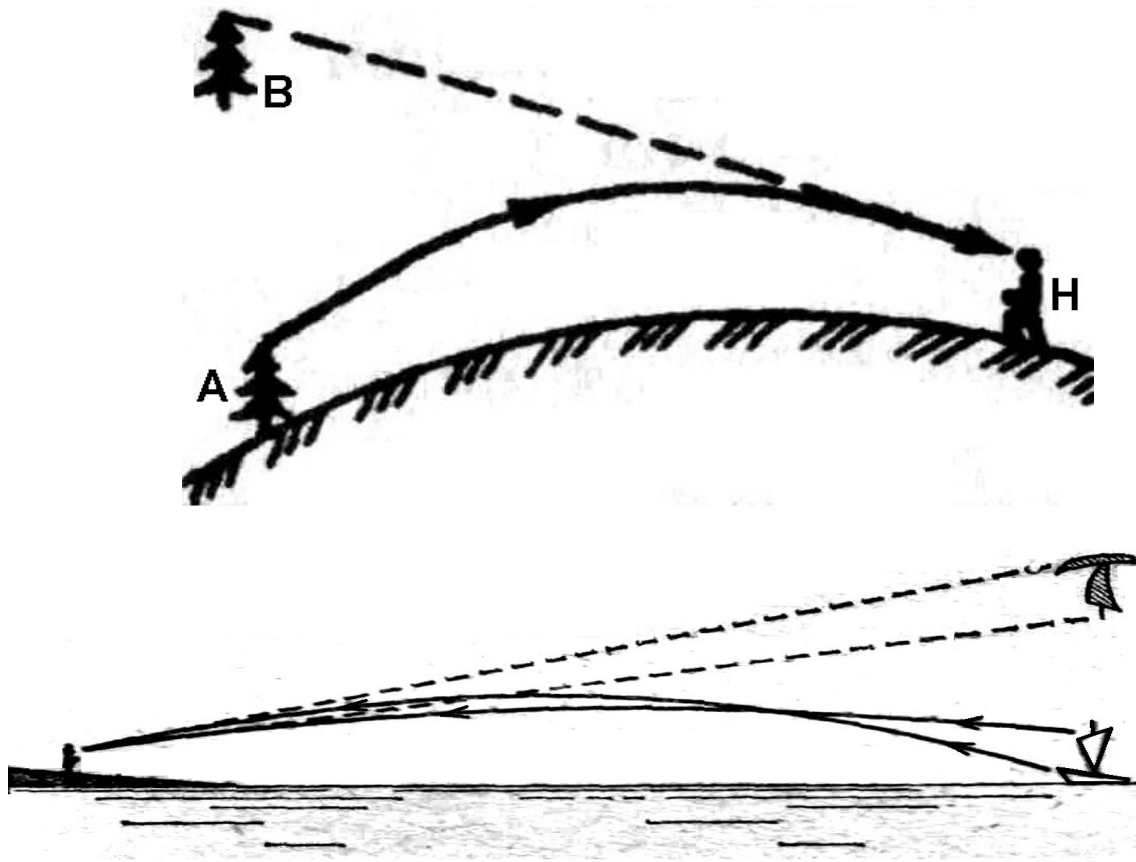
Калі каля паверхні Зямлі тэмпература **нізкая**, а на вышыні **высокая**, то з вышынёй шчыльнасць паветра і паказчык праламлення **памяншаюцца**

$$\rho = \rho_0 \exp \left[- \frac{Mg(h - h_0)}{RT} \right],$$

$$n = 1 + c\rho_0 \exp \left[- \frac{Mg(h - h_0)}{RT} \right].$$

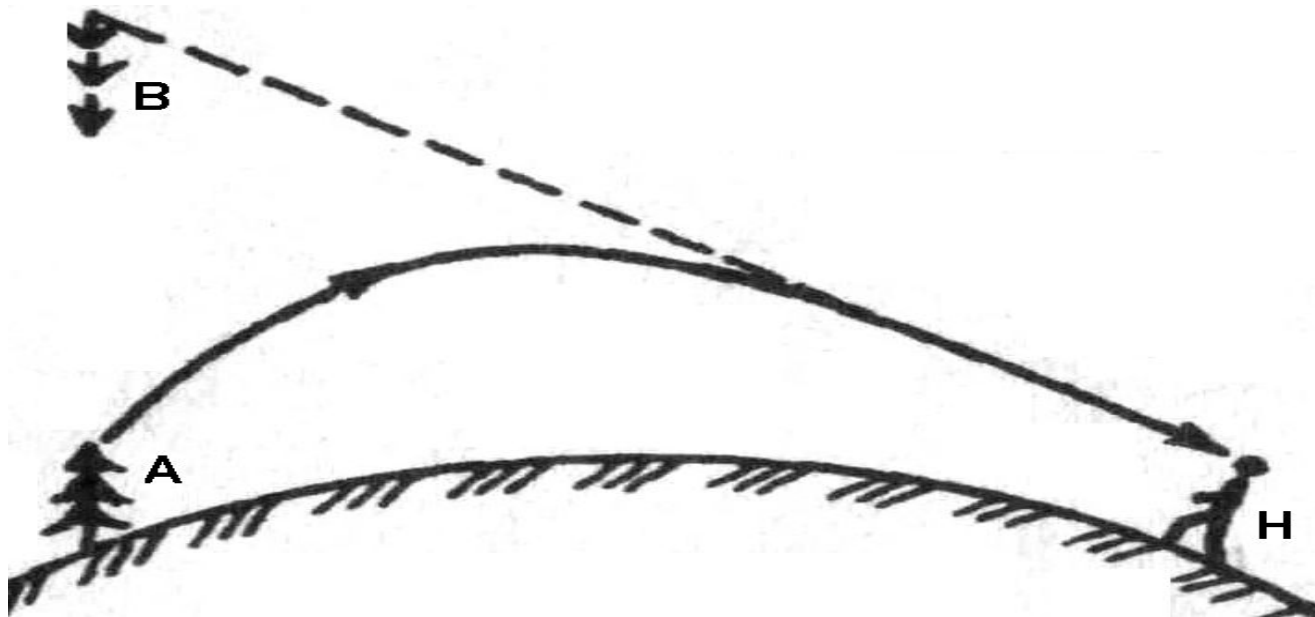
При праламленні світла ў верхніх сляях атмасферы прамяні адхіляюцца да Зямлі (выпукласцю ў бок памяншэння n).

У выніку назіральнік (**Н**) бачыць відарыс (**В**) прадмета (**А**), які падняты над паверхняй Зямлі.



Часам при больш різкім змяненні тэмпературы на вышыні h адбываецца поўнае адбіццё прамянёў, якія даюць адваротны відарыс (В) прадмета (А).

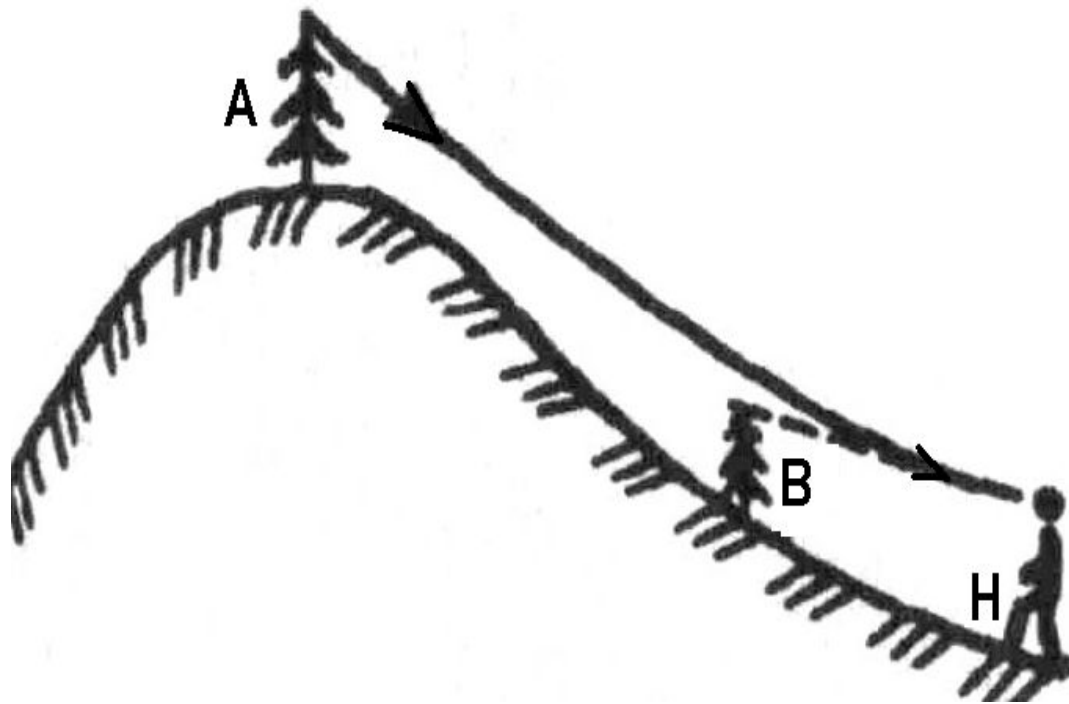
Такая з'ява называецца **верхнім міражом**.



Акрамя верхняга існуе і **ніжні міраж**.

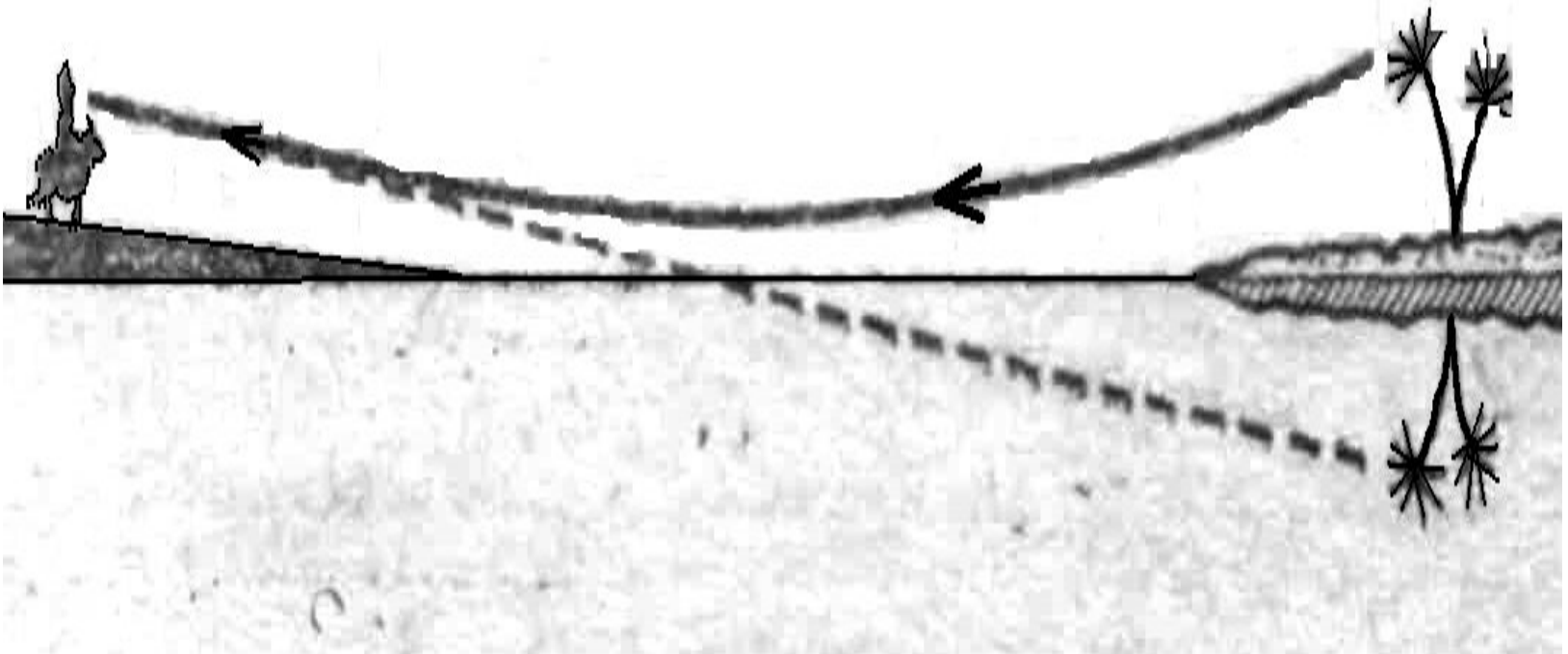
Ён мае месца ў тых выпадках, калі тэмпература **ніжніх** слаёў паветра **большая** чым **верхніх**.

Пры гэтым прамяні, што ідуць да Зямлі будуць адхіляцца ад нармалі да паверхні.



Такая з'ява (**ніжні міраж**) часта мае месца ў пустыні (**азёрны міраж**) ці над асфальтам у гарачы дзень.

Выпукласць прамяня ў гэтым выпадку звернута ў бок памяншэння **n**.



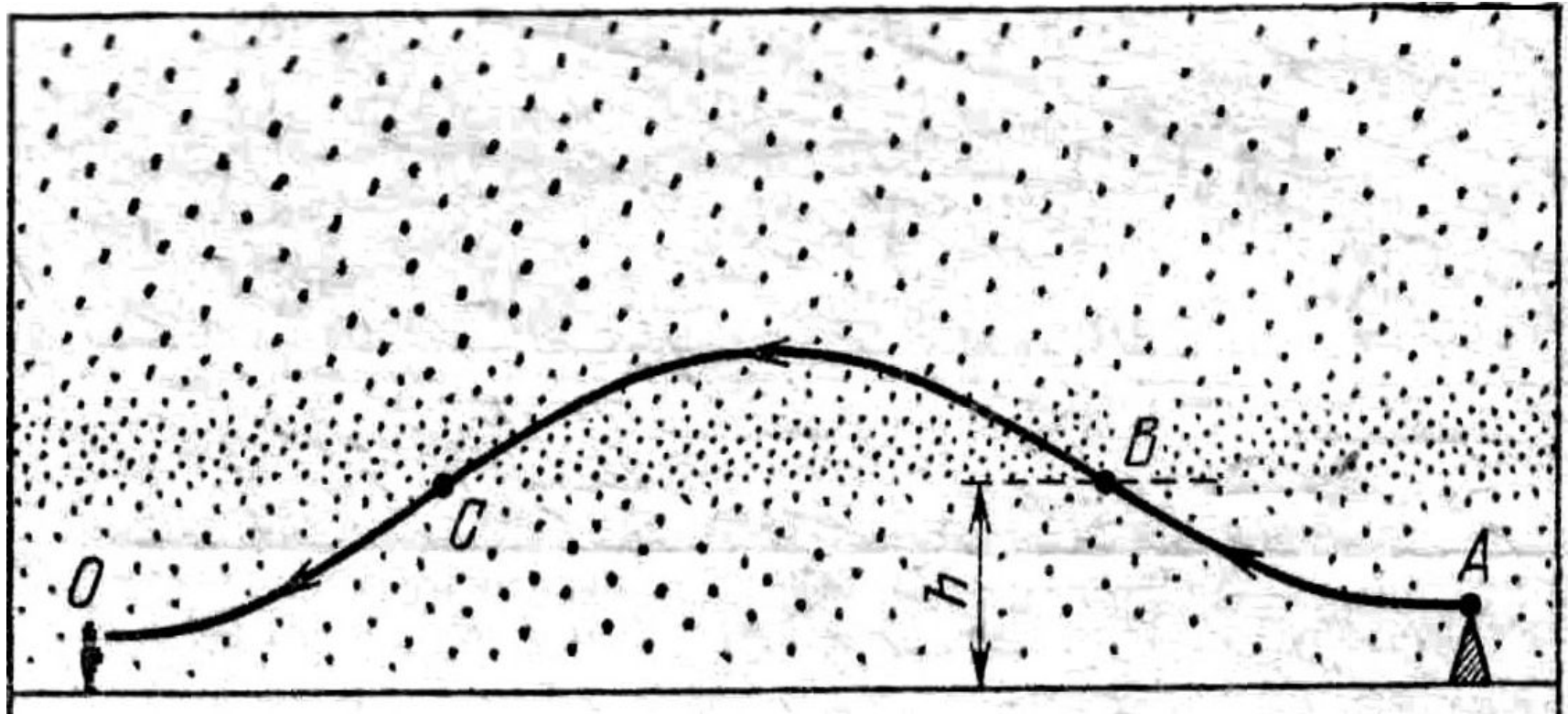
Пры змяненні атмасферных працэсаў
можна назіраць пераход ніжняга міража ў
верхні і наадварот.

Гэта з'ява носіць назву **фата-марганы** і
ўяўляе складаную форму міража.

У залежності ад характеру мясцовасці і стану атмасферы, дзе ўзнікаюць міражы, яны бываюць розных тыпаў.

Слаі: цёплы – халодны – цёплы.

Выпукласць у бок памяншэння n .



“Лятучы галандзец” – карабль-прывід
перад крушэннем.

“Фата-Марганэ” – дварцы на
гарызонце.

“Брокенскія прывіды” – гіганцкія
фігуры людзей і жывёл.



Вясёлка

Гэта аптычная з'ява звязана з праламленнем светлавых прамянёў на шматлікіх кроплях дажджу.

Вясёлка ўяўляе сабой рознакаляровую дугу на небе.

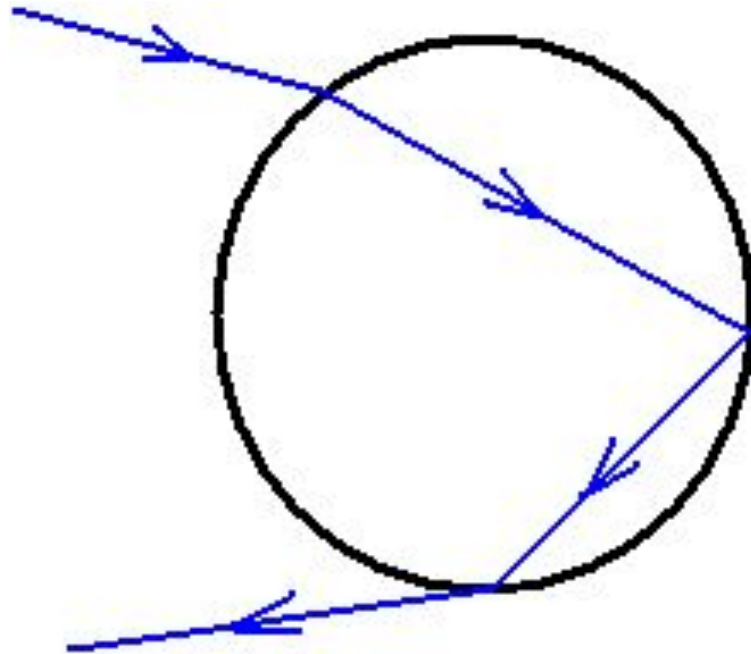
Яна назіраецца, калі Сонца асвятляе заслону дажджу, якая размешчана на процілеглым ад яго баку.

Калі стаць тварам да вясёлкі, то Сонца будзе знаходзіцца ззаду.

Па меры таго як дождж слабее, а затым спыняецца, вясёлка паступова знікае.

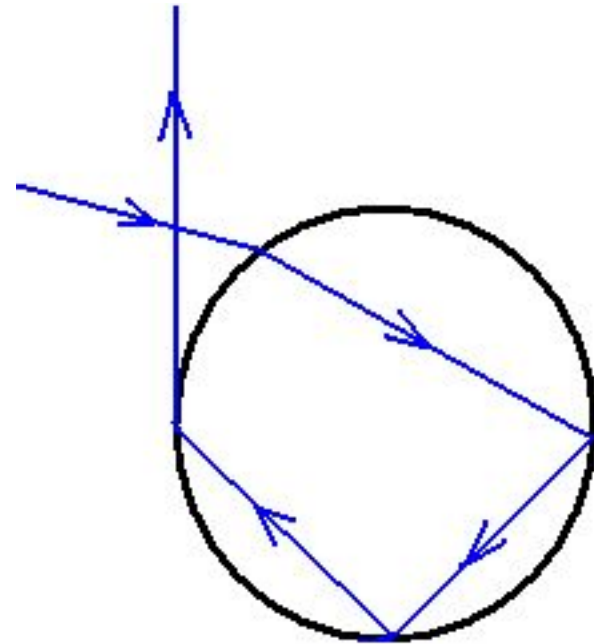
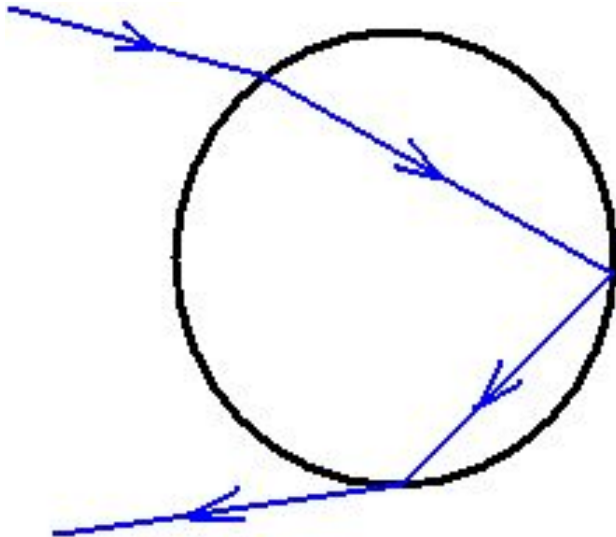
Вясёлка ўзнікае, дзякуючы праламленню сонечных прамянёў у дажджавых кроплях.

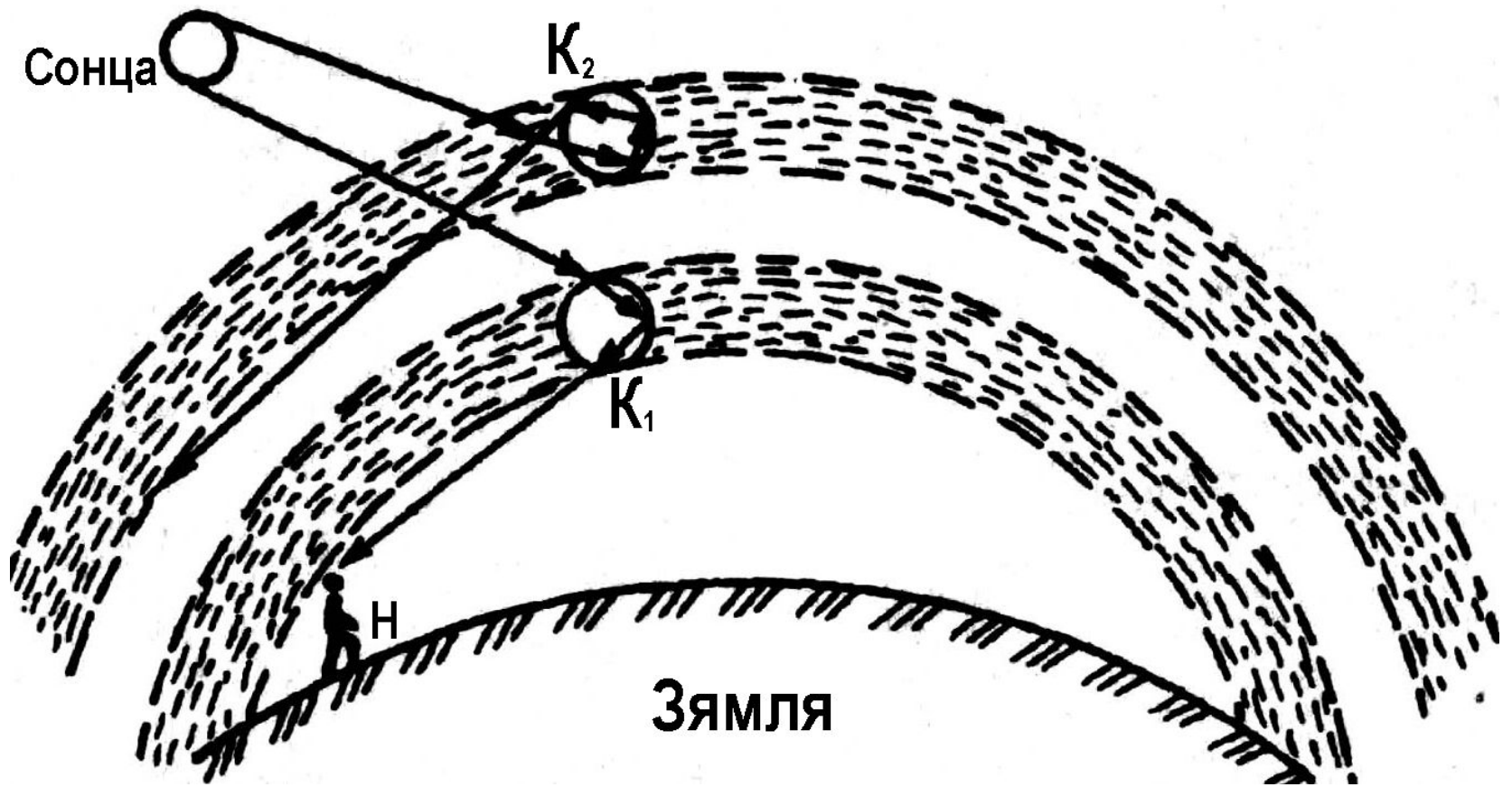
Пры гэтым адбываецца раскладанне святла ў **спектр** (з'ява дысперсіі святла), у выніку чаго і атрымліваюцца **колеры** вясёлкі.



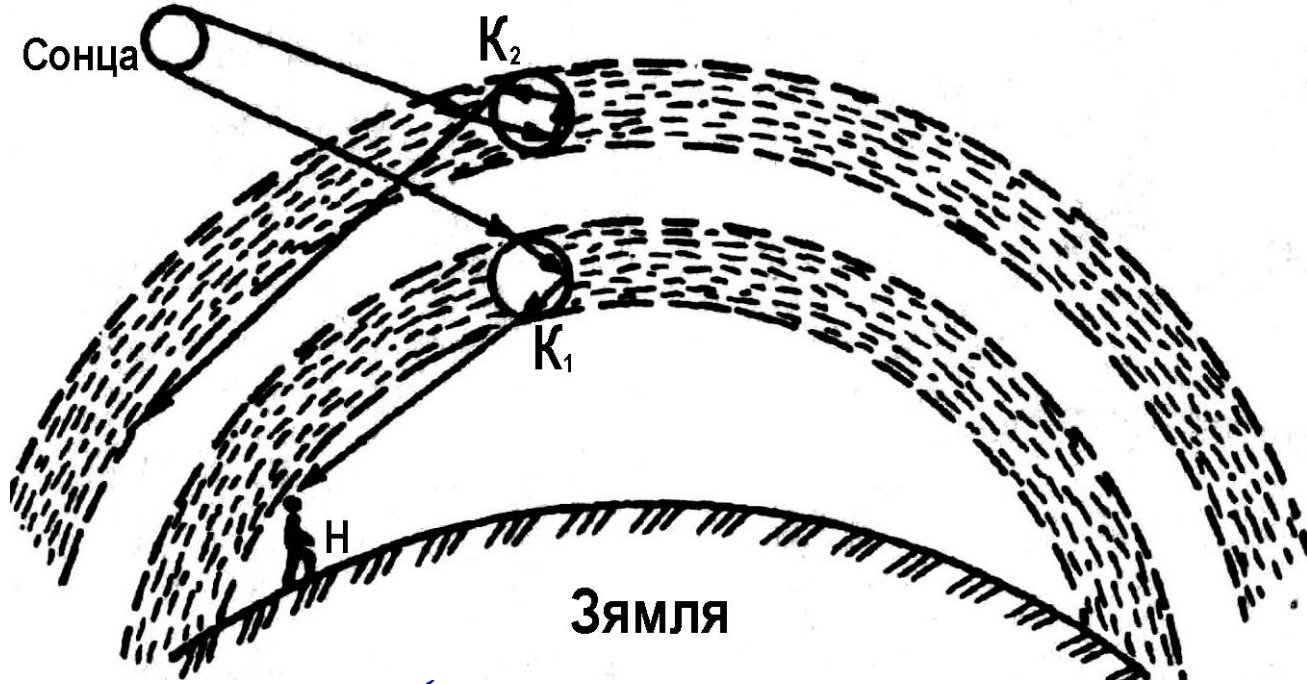
Часам назіраюцца адразу **дзве** вясёлкі.

Калі ўнутры кроплі вады адбываецца два праламленні і адно адбіццё, атрымліваецца **першая** вясёлка, а калі два праламленні і два адбіцця, то мае месца **другая** вясёлка, менш інтэнсіўная і большага дыяметра.





У вясёлцы колеры чаргуюцца ў той жа паслядоўнасці, як і ў аптычным спектры: чырвоны, аранжавы, жоўты, зялёны, блакітны, сіні, фіялетаваы.



Унутраная (звернутая да павярхі Зямлі) крайняя вобласць вясёлкі – **фіялетавая**, а **вонкавая** – **чырвоная**.

У другаснай вясёлцы колеры чаргуюцца ў адваротным парадку.

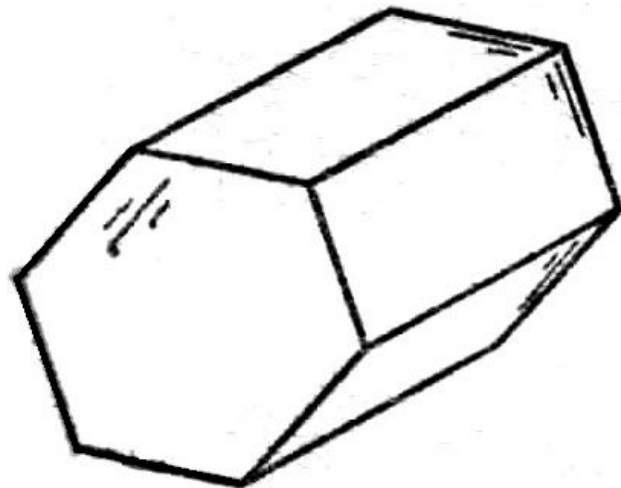
Вясёлку можна назіраць і пры штучным асвятленні.



Гало

Гало (ад грэчаскага $hálōs$ – круг, дыск) узнікае ў выніку праламлення і адбіцця сонечнага святла ў **ледзяных крышталіках**, якія знаходзяцца ў паветры (перыстыя воблакі).

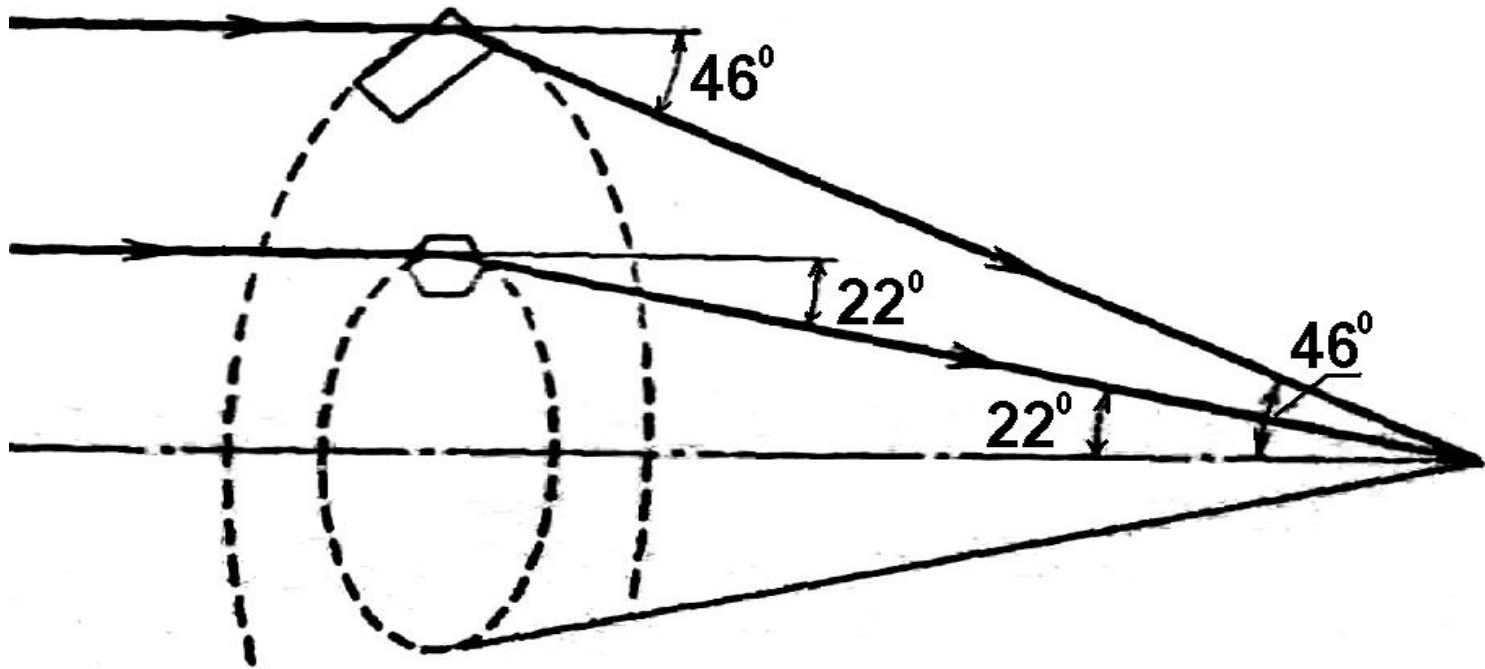
Гэтыя крышталікі часта маюць форму **правільных шасцігранных прызм**.



У выніку праламлення святла вакол Сонца ці Месяца назіраюцца **кругі (кольца)**, якія **свецяцца**:

вуглавы радыус кольца каля **22°** – **малае гало**,

а з радыусам **46°** – **вялікае гало**.



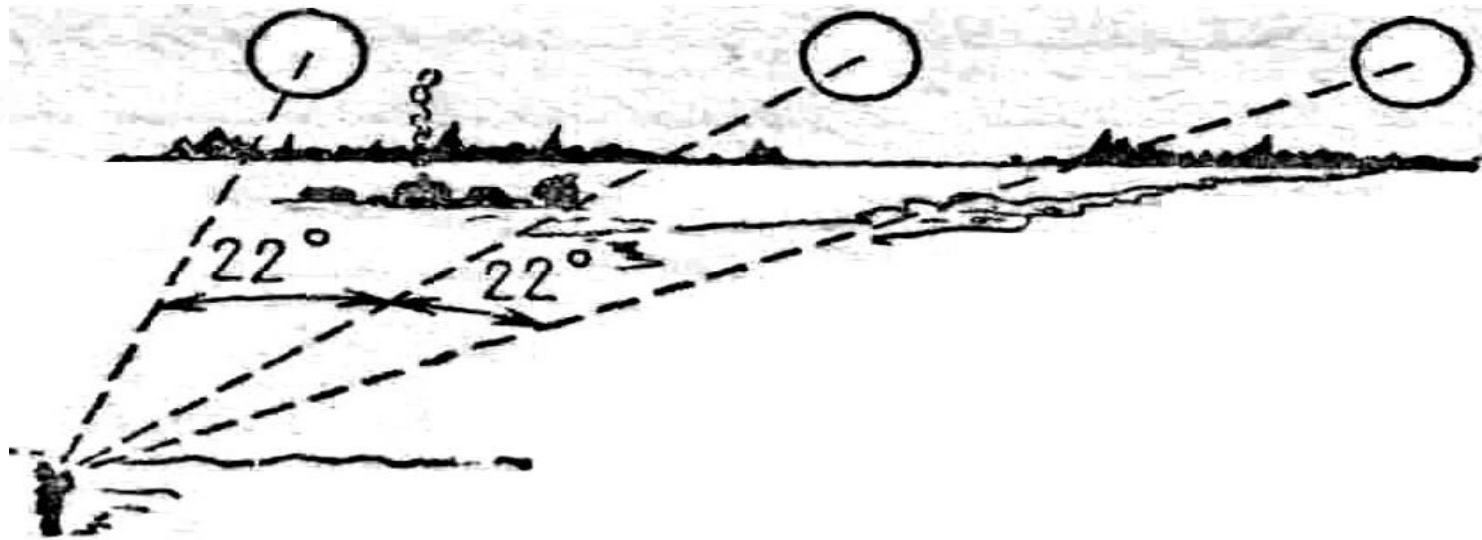
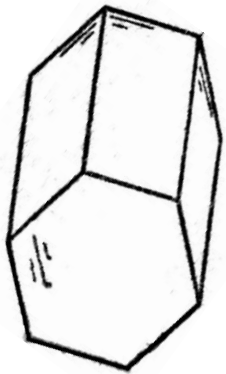
У выніку дысперсіі святла кольца гало заўсёды **афарбаваны** (унутраная вобласць чырвоная).

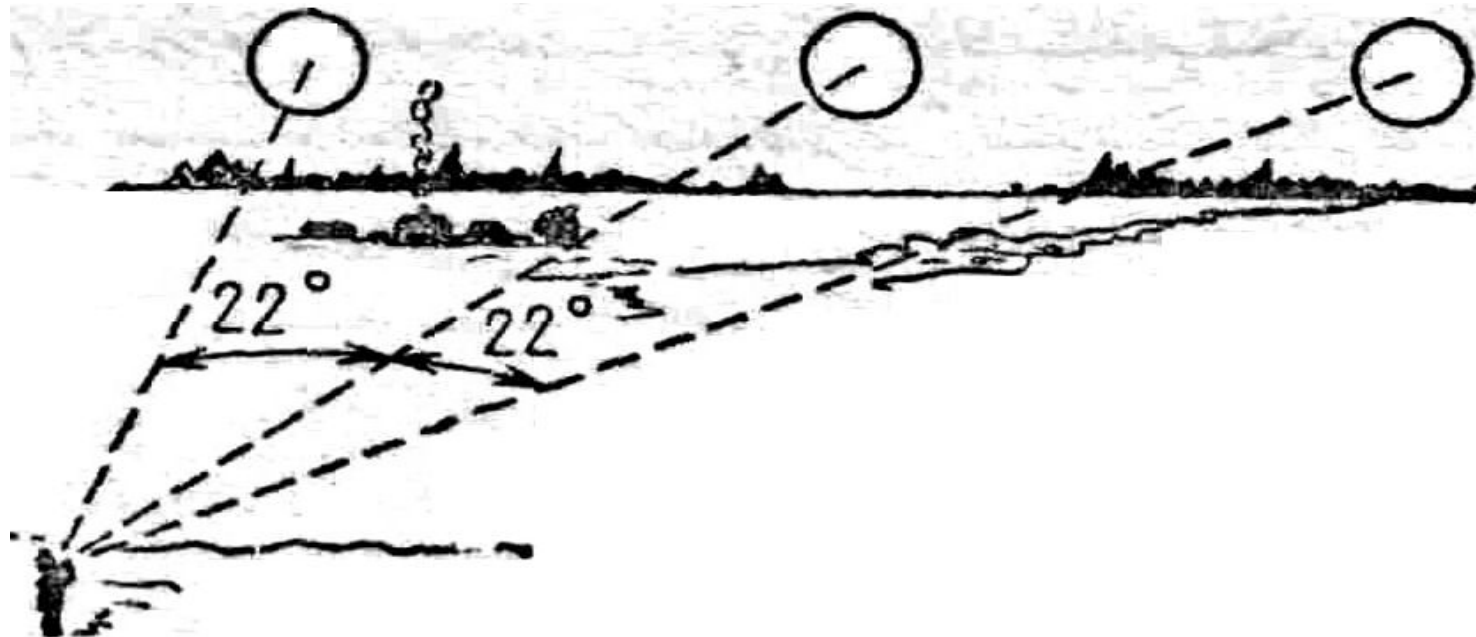
Калі восі шасцігранных ледзяных прызм арыентаваны **хаатычна**, то інтэнсіўнасць свячэння кольца гало будзе аднолькава па ўсёй яго акружнасці.

Пры наяўнасці нейкай асаблівай арыентацыі крышталяў асобныя ўчасткі кольца будуць больш яркімі.

У такіх выпадках з'ява гало можа набываць спецыфічную форму, напрыклад крыж—**“божы знак”**.

Калі восі ледзяных шасціграннікаў арыентаваны строга **вертыкальна**, то гало будзе мець выгляд не кольца, а **двух яркіх відарысаў**, якія падобны Сонцу, і размешчаны на адной гарызантальнай прамой з сапраўдным Сонцам.





Гэта з'ява мае спецыяльную назву – **несапраўдныя сонца.**

Назіральнік бачыць як бы **тры Сонца**, вуглавая адлегласць паміж кожнай парай такіх сонцаў складае **22°** .

Падобную карціну можна часам назіраць у ціхае надвор'е пры нізкім палажэнні **Сонца** над гарызонтам.



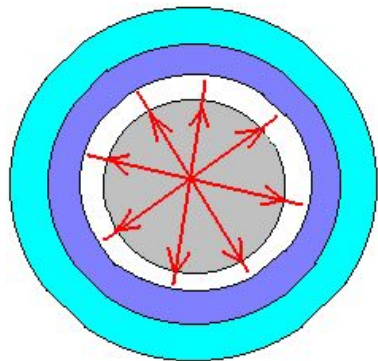
Венцы

Яны ўяўляюць адно або некалькі афарбаваных кольцаў вакол Сонца ці Месяца.

Могучь назірацца і вакол іншых крыніц святла.

Венцы абумоўлены дыфракцыяй сонечных прамянёў на вадзяных кропельках тонкіх празрыстых воблакаў.

Дыфракцыя - адхіленне светлавых прамянёў ад закону прамалінейнага распаўсюджвання ў неаднародных асяроддзях.



Цэнтр кольцаў супадае з цэнтрам святла, вакол якога яны ўтвараюцца.



Дзённае святло

Наяўнасць у атмасферы Зямлі розных аптычных неаднароднасцей (туману, часцінак пылу і дыму, змяненне шчыльнасці малекул паветра) прыводзіць да таго, што замест плаўнага змянення напрамку распаўсюджвання светлавых прамянёў адбываюцца рэзкія змяненні.

Пры гэтым мае месца **рассеянне сонечнага святла**, дзякуючы якому нават чыстая атмасфера свеціцца па ўсіх напрамках і ўтварае спецыфічнае **дзённае святло**.

Калі б такога не адбывалася, то прамое сонечнае святло магло б не трапіць на некаторыя ўчасткі зямной паверхні.



Блакiтны колер неба i чырвоны колер зары

Блакiтны колер неба i чырвоны колер зары тлумачацца **малекулярным** **рассеяннем** сонечнага святла.

Тэорыя **малекулярнага** **рассеяння** **святла** створана **акадэмікам** **Л.І.Мандэльштамам** - **1907г.**).

Дзякуючы **хаатычнаму** **руху** **малекул** **атмасферы** **ўзнікаюць** **месцы** **разрэджвання** **i** **згушчэння** **(сціскання)** **паветра,** **якія** **i** **рассейваюць** **святло.**

Калі б **рассеянне** святла не адбывалася, то неба было б абсалютна **чорным**.

На гэтым чорным фоне зоркі і іншыя нябесныя свяціла былі бы больш яркімі і кантрастнымі.

Менавіта такім бачаць неба касманаўты.

Пры наяўнасці атмасферы значная доля прамога сонечнага святла расейваецца ў розныя бакі.

Гэта доля тым **большая**, чым **карацей** даўжыня светлавой хвалі.

Згодна закону Рэлея: інтэнсіўнасць рассеянага святла адваротна прапарцыйна даўжыні светлавой хвалі ў чацвёртай ступені

$$I \sim \frac{1}{\lambda^4}.$$

Такім чынам, блакітныя і сінія прамяні рассеяваюцца мацней, чым жоўтыя і чырвоныя.

$$(\lambda_{\text{бс}} \approx 450\text{нм} < \lambda_{\text{жч}} \approx 650\text{нм}).$$

У сувязі з чым у рассеяным святле больш выпраменьвання з кароткімі даўжыня хваль – неба блакітнае.

Закон Рэля выконваецца для часціц памеры якіх параўнальны з даўжынёй светлавой хвалі.

Калі памеры часціц, якія рассеиваюць святло, большыя даўжынні хвалі, то доля блакітнага колеру памяншаецца.

Вядома, што туман, які складаецца з маленькіх часцінак, здаецца **блакітным, а з вялікіх – **белым**.**

Такім чынам, калі назіральнік будзе глядзець у верх, то ён убачыць **блакітнае неба**.



Пры ўсходзе або захадзе Сонца прамое сонечнае святло, якое прайшло праз значную тоўшчу атмасферы павінна быць **чырвона-аранжавым**, а блакітныя прамяні будуць рассеявацца ў бок.



Чырвоны колер будзе мець Месяц пры ўсходзе і захадзе.

Паколькі змяненне шчыльнасці малекул паветра і інтэнсіўнасць рассеянага святла ўзрастаюць з павелічэннем тэмпературы, то больш насычаны колер неба будзе ў ясны летні дзень у параўнанні з такім жа зімнім днём.

З павелічэннем вышыні над паверхняй Зямлі атмосфера становіцца больш чыстай і насычана сць рассеянага святла блакітнымі прамянямі павінна б **памяншацца.**

Аднак назіранні ў **высакагорных абсерваторыях** паказалі, што справа выглядае наадварот – неба больш насычана блакітнымі прамянямі.

У гэтым выпадку **рассеянне святла вызываецца малекуламі паветра – назіраецца малекулярнае расейванне.**



Змярканне

Дзякуючы **рассеянню** святла зямной атмасферай пасля захаду Сонца на паверхні Зямлі не атрымліваецца **поўнай цемры**.

Калі Сонца апускаецца ўсё ніжэй і ніжэй за гарызонт, інтэнсіўнасць **рассеянага** святла становіцца **меншай**.

Перыяд плаўнага пераходу ад дзённага святла да наступлення ночы атрымаў назву **змяркання**.

Працягласць гэтага перыяду залежыць ад **геаграфічнай шыраты мясцовасці**.

