

Хто з нас не адчуваў захаплення ад навагодняй ёлкі, якая ззяе рознакаляровымі агнямі (мал. 207)? А ад цуду прыроды — палярнага ззяння (гл. панарамную старонку)?

Святло зачароўвае чалавека, дае магчымасць яму лепш зразумець навакольны свет. Аднак роля святла не зводзіцца толькі да атрымання інфармацыі пра з’явы прыроды.

Само святло выклікае розныя з’явы: хімічную рэакцыю (на гэтым заснавана стужачная фатаграфія, фотасінтэз і інш.), электрычны ток (гэта з’ява ляжыць у аснове работы сонечных батарэй, асабліва важных для касмічных палётаў) і г. д. Без святла немагчыма само жыццё на Зямлі.

*Што ж такое святло? Пытанне аб прыродзе святла з’яўляецца адным з найбольш складаных. Раздзел фізікі, які вывучае ўласцівасці святла, называецца **оптыкай**.*



Мал. 207



§ 32.

Крыніцы святла



Мал. 208



Мал. 209

Старажытныя грэкі лічылі святло асаблівым рэчывам, якое выцякала з вачэй. Паводле гэтых меркаванняў, чалавек бачыць целы, абмацваючы іх накіраваным патокам гэтага рэчыва. Але тады чаму ноччу чалавек не можа бачыць? Адказаць на гэта пытанне было немагчыма. Пазней І. Ньютан прапанаваў гіпотэзу: святло — гэта паток часціц (карпускул), якія выпраменьваюцца целам, што свеціцца. Карпускулярная тэорыя тлумачыла магчымасць бачыць прадмет пападаннем у вока часціц, якія выпраменьваюцца гэтым прадметам. Гэта тэорыя добра тлумачыла ўтварэнне ценю за непразрыстым целам. Аднак і яна не магла растлумачыць многія з’явы, напрыклад утварэнне вясёлкі (аб іх вы даведаецеся ў старшых класах).

Усе целы, якія выпраменьваюць святло, называюцца **крыніцамі святла**. Крыніцы святла бываюць *натуральнымі* і *штучнымі*. Да іх адносяцца Сонца і іншыя зоркі, запаленыя свечкі (мал. 208), лямпачкі, вогнішчы (мал. 209). Гэта *цеплавая* крыніца святла.

Крыніцамі святла з'яўляюцца розныя арганізмы, што свецяцца: некаторыя прадстаўнікі рыб, насякомых (мал. 210), грыбоў (мал. 211). Іх называюць крыніцамі *халоднага* свячэння.

Існуе шмат рэчываў, якія становяцца крыніцамі святла толькі пасля таго, як праз іх прапусцяць святло. Такія рэчывы называюцца *фоталюмінафорамі*, а іх свячэнне — *фоталюмінесцэнцыяй*.

Разгледзім дослед. Растворым у вадзе крыху флуарэсцэіну (мал. 212, а) і прапусцім праз раствор пучок белага святла. Раствор пачне свеціцца зялёным святлом (мал. 212, б).

Здольнасць рэчываў свеціцца пры іх апраменьванні выкарыстоўваюць у рэкламе (мал. 213). У навагоднюю ноч вы назіралі, як свецяцца ёлачныя цацкі, пакрытыя такімі рэчывамі. Дарожныя знакі (мал. 214), у фарбу якіх дабаўлены люмінафор, пры апраменьванні святлом фар свецяцца і добра бачны вадзіцелю. Гэта робіць рух на дарозе бяспечным.

Унікальнай крыніцай святла з'яўляецца лазер, які знайшоў эфектыўнае практычнае прымяненне ў тэлебачанні, сувязі, медыцыне (мал. 215), машына- і прыборабудаванні, метралогіі. Менавіта лазер дазволіў адказаць на пытанне: «Колькі сантыметраў (заўважце, не кіламетраў, а сантыметраў) ад Зямлі да Месяца?». Лазерны гадзіннік дае памылку ў 1 с за 300 млн гадоў.

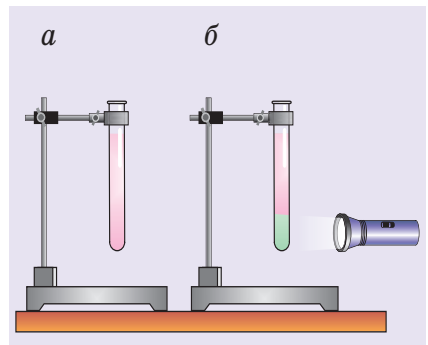
Вялікі ўклад у вывучэнне лазераў унёс беларускі вучоны Б. І. Сцяпанаў. Інстытуту фізікі Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі прысвоена імя вучонага як прызнанне яго ўкладу ў стварэнне і развіццё інстытута.



Мал. 210



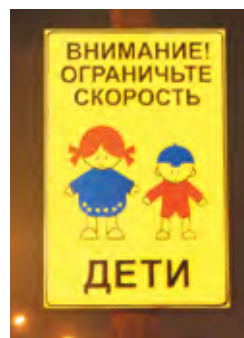
Мал. 211



Мал. 212



Мал. 213



Мал. 214



Мал. 215



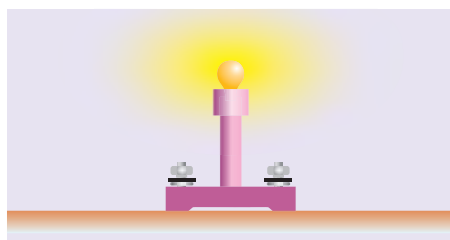
Мал. 216



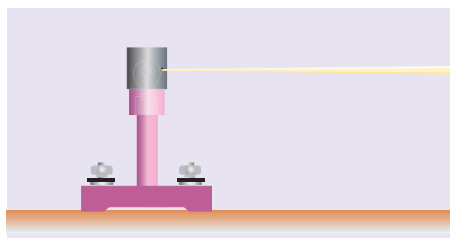
Мал. 217



Мал. 218



Мал. 219



Мал. 220

Большасць цел, якія мы бачым, не выпраменьваюць, а адбіваюць святло, што падае на іх. Такімі цэламі з'яўляюцца Месяц, дрэвы, будынкі (мал. 216), людзі, флікеры і г. д.

Адзначым, што ва ўсіх крыніцах святла ў светлавую энергію ператвараецца які-небудзь від энергіі: цеплавая, хімічная, электрычная, светлавая (успомніце свячэнне раствору флуарэсцэіну) і г. д.

Крыніцы выпраменьвання могуць даваць і нябачныя прамені. Усе вы, вядома, чулі пра ўльтрафіялетавыя прамені. Нябачнымі прамянямі пераносіцца энергія ад цела да цела пры цеплаабмене выпраменьваннем (гл. § 5). Аднак у гэтым падручніку мы будзем разглядаць толькі *бачнае выпраменьванне* крыніц святла, інакш кажучы, святло, якое, пападаючы ў вока, выклікае зрокавыя адчуванні. Гэта белае святло і складаючыя яго колеры ад чырвонага да фіялетавага. Усе колеры адначасова можна назіраць у вясёлцы (мал. 217).

Калі памеры крыніцы святла ў дадзеных умовах можна не ўлічваць, то яе называюць *кропкавай*. Кропкавымі крыніцамі святла для нас, напрыклад, з'яўляюцца зоркі, лямпы вулічнага асвятлення і інш.

Паглядзіце на малюнак 218. Палымя свечкі ў адносінах да экрана 2 можна лічыць кропкавай крыніцай святла, але нельга прыняць за кропкавую ў адносінах да экрана 1. Растлумачце самі прычыну гэтага. У далейшым кропкавую крыніцу святла мы будзем абазначаць літарай *S*. Любая кропкавая крыніца выпраменьвае святло па ўсіх напрамках (мал. 219).

Надзнем на электрычную лямпачку, што гарыць, каўпак, які мае невялікую адтуліну (мал. 220). З адтуліны выходзіць вузкі пучок святла. Лінія, уздоўж якой распаўсюджваецца святло, называецца *светлавым праменем*. Чым меншая адтуліна, тым у большай ступені пучок святла можна мадэліраваць праменем.

▼ Для дапытлівых

Нішто ў прыродзе не было такім няўлоўным, ні адзін свой сакрэт прырода не ахоўвала так старанна, як сакрэт аб тым, што такое святло. Невыпадкова святло часта называлі самай цёмнай плямай у фізіцы. Ужо сам факт існавання святла выклікае шэраг непазбежных пытанняў. Напрыклад, ці мае святло вагу? Ці займае яно аб'ём? Ці цісне святло на цела пры падзенні на яго? Гарачае ці халоднае святло? Як хутка яно распаўсюджваецца? Чаму святло не можа прайсці праз тонкі ліст кардону, у той жа час яно лёгка праходзіць праз тоўстае шкло? І шэраг іншых пытанняў, на якія мы будзем шукаць адказы, вывучаючы фізіку.

▣ Галоўныя вывады

1. Крыніцы святла — гэта целы, якія выпраменьваюць святло.
2. Крыніца святла называецца кропкавай, калі яе памеры ва ўмовах дадзенай задачы можна не ўлічваць.
3. Большасць цел вакол нас мы бачым дзякуючы адбітаму святлу.
4. Прамень святла — гэта лінія, уздоўж якой распаўсюджваецца святло.

? Кантрольныя пытанні

1. Што такое крыніца святла?
2. Якія крыніцы святла адносяцца да натуральных, штучных, цеплавых, халоднага свячэння?
3. Калі крыніцу святла можна лічыць кропкавай? Прывядзіце прыклады.
4. Які від энергіі ператвараецца ў светлавую ў крыніцах святла: лямпачцы ліхтарыка; рачках, якія свецяцца?
5. Што такое прамень святла?

➔ Дамашняе заданне

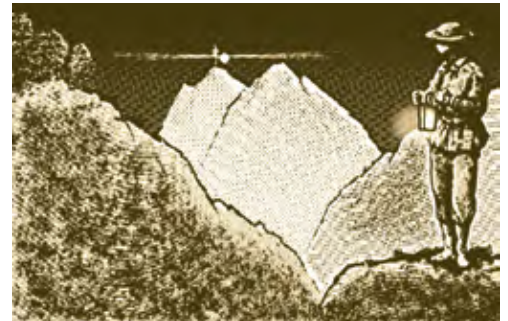
Вазьміце кардонную каробку, зрабіце ў ёй некалькі адтулін рознага дыяметра і пакажыце, з якой адтуліны выходзіць светлавы пучок, які можна назваць праменем. У якасці крыніцы святла можна выкарыстоўваць мабільны тэлефон.



§ 33.

Скорасць святла. Прамалінейнасць распаўсюджвання святла

Вымераць скорасць святла вучоныя спрабавалі даўно. Напрыклад, Галілей праводзіў такі дослед. На вяршыні аднаго з узгоркаў (мал. 221) знаходзіўся з ліхтаром яго асістэнт, на вяршыні другога ўзгорка — ён сам. Асістэнт павінен быў зняць накрыўку са свайго запаленага ліхтара ў той момант, калі ўбачыць успышку святла ліхтара Галілея. Вымераўшы прамежак часу паміж успышкай свайго ліхтара і момантам, калі ён убачыў успышку святла ліхтара асістэнта, а таксама ведаючы адлегласць паміж узгоркамі, Галілей спрабаваў вызначыць скорасць святла. Аднак вымяраемы прамежак часу быў такі малы, што Галілей разглядаў яго толькі як час рэакцыі чалавека. Скорасць жа святла ён лічыў бясконца вялікай.



Мал. 221

Як паказалі наступныя вымярэнні, скорасць святла мае канечную велічыню. Упершыню яе значэнне змог вызначыць у 1676 г. дацкі астраном О. Ромер. Шматразова назіраючы за рухам аднаго са спадарожнікаў Юпітэра (Іо), Ромер выявіў розніцу паміж разлічаным і назіраемым часам яго зацьмення. Па даных назіранняў, ён атрымаў значэнне скорасці святла, роўнае $215\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Пасля Ромера скорасць святла вымяралі неаднаразова ўсё больш дасканалымі метадамі. Больш дакладныя вынікі былі атрыманы ў доследах амерыканскага вучонага А. Майкельсона. З імі вы пазнаёміцеся ў 11-м класе. Атрыманае ім значэнне скорасці святла было роўна $299\,700 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ (гл. форзац 1).

Прынятае ў цяперашні час значэнне скорасці святла ў вакууме (пустаце) $c = 299\,792\,458 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Калі не патрабуецца асабліва дакладнасць, то значэнне скорасці акругляецца да $c = 300\,000\,000 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Скорасць святла ў вакууме з'яўляецца максімальнай. Скорасць святла ў паветры, як паказалі доследы, адрозніваецца ад гэтага значэння зусім нязначна. У іншых празрыстых асяроддзях скорасць святла меншая, чым у паветры, напрыклад:

$$\text{у вадзе } v_{\text{в}} \approx 2,25 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\text{у шкле } v_{\text{шк}} \approx 2,00 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\text{у шкіпінары } v_{\text{шкіп}} \approx 2,04 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\text{у алмазе } v_{\text{ал}} \approx 1,24 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

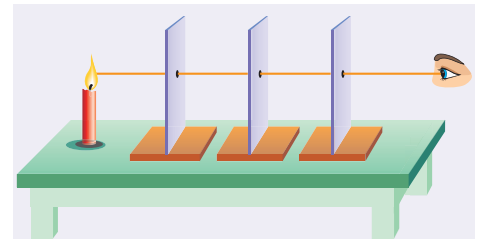
Аб асяроддзі, у якім святло распаўсюджваецца з **меншай скорасцю**, гавораць як аб **аптычна больш шчыльным** і, наадварот, аб асяроддзі, у якім святло распаўсюджваецца **хутчэй**, — як аб **аптычна менш шчыльным**. Звярніце ўвагу, што словы «больш (менш) шчыльны» *не звязаны са шчыльнасцю ρ рэчыва*, у якім распаўсюджваецца святло. Так, напрыклад, у шкіднары, шчыльнасць якога $\rho = 855 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ меншая за шчыльнасць вады $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, святло распаўсюджваецца павольней, чым у вадзе, — значыць, шкіднар з'яўляецца аптычна больш шчыльным, чым вада, асяроддзем.

А як распаўсюджваецца святло? Правядзём дослед. Паставім на сталы тры экраны з адтулінамі (мал. 222). Запалім свечку або электралампачку і паспрабуем, перамяшчаючы экраны, убачыць святло праз адтуліны ў іх. Затым возьмем тонкія прамыя стрыжань і ўставім яго ў адтуліны. Мы ўбачым, што стрыжань праходзіць праз усе адтуліны. Значыць, яны размешчаны на адной прамой. А цяпер зрушым адзін экран. Святло ў вока больш не пападае. Гэта сведчыць аб тым, што святло распаўсюджваецца **прамалінейна**. У доследзе асяроддзем, у якім распаўсюджвалася святло, было паветра. А калі ўзяць іншае асяроддзе, напрыклад ваду, то як у ёй будзе распаўсюджвацца святло?

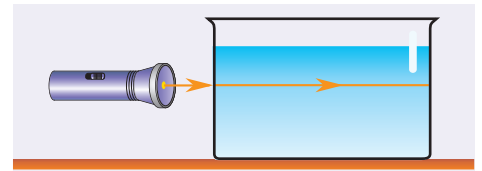
Правядзём дослед. У шкляную пасудзіну нальём ваду і дададзім крыху малака, каб прамень стаў бачным. Ліхтар або лазерную ўказку, ад якіх ідзе пучок святла, паднясём да сценкі пасудзіны (мал. 223). Мы ўбачым у вадзе **прамую лінію**, якая свеціцца. Яна ўтворана святлом, якое адбіваецца ад часцінак малака. Значыць, і ў вадзе святло распаўсюджваецца **прамалінейна**. І паветра, і вада маюць па ўсім аб'ёме аднолькавыя фізічныя ўласцівасці, таму з'яўляюцца **аднароднымі асяроддзямі**.

Цяпер можна сфармуляваць закон: **у аднародным асяроддзі святло распаўсюджваецца прамалінейна**.

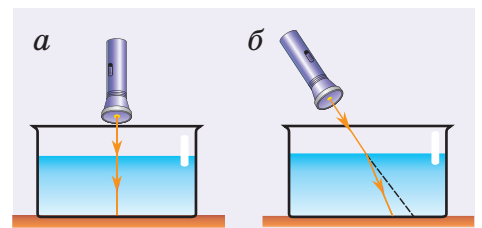
А калі асяроддзе неаднароднае (складаецца з некалькіх розных аднародных асяроддзяў)? Тады гэты закон выконваецца толькі ў выпадку, калі светлавая прамень падае перпендыкулярна да паверхні асяроддзя (мал. 224, а). Ва ўсіх іншых



Мал. 222



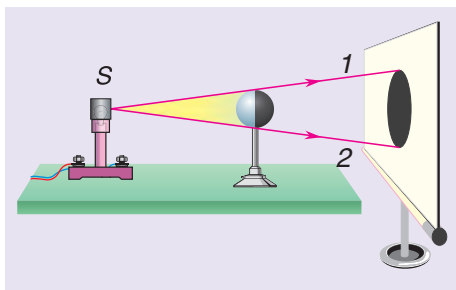
Мал. 223



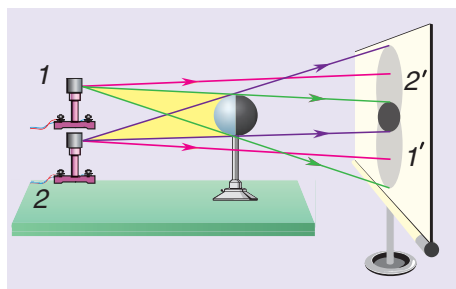
Мал. 224



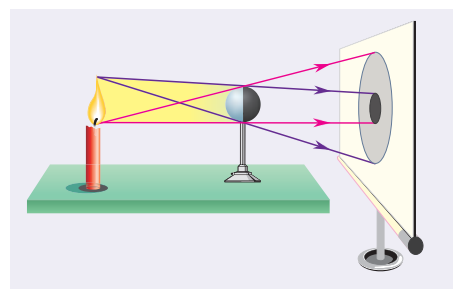
Мал. 225



Мал. 226



Мал. 227



Мал. 228

выпадках пры пераходзе з аднаго асяроддзя ў другое святло змяняе свой напрамак (мал. 224, б).

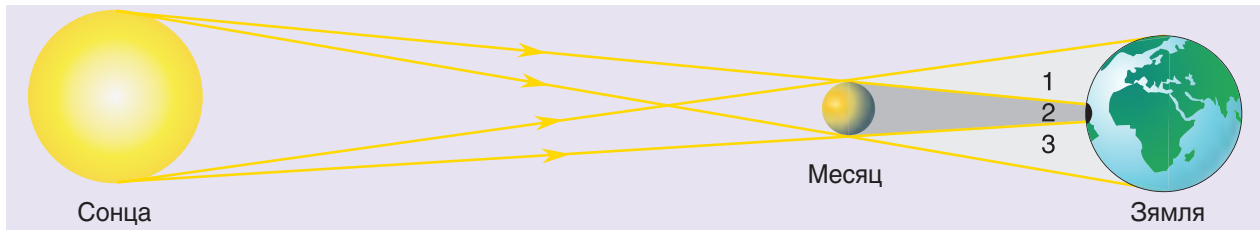
З неаднароднасцю асяроддзя звязана скрыўленне праменяў, якое прыводзіць да ўтварэння міражоў (мал. 225). Неаднароднасць асяроддзя ёсць вынік рознай тэмпературы суседніх слаёў паветра.

Прамалінейнасцю распаўсюджвання святла тлумачацца многія з'явы, напрыклад утварэнне ценю і паўценю. Возьмем мініяцюрную электралампачку, мячык і экран. Размесцім іх, як паказана на малюнку 226. У вобласць паміж праменьнямі 1 і 2 святло не пападае. На экране мы бачым выразна акрэслены цень.

А цяпер асвятлім мячык дзвюма лямпачкамі (мал. 227). На экране мы ўбачым цень, г. зн. вобласць, куды не пападае святло ні ад лямпачкі 1, ні ад лямпачкі 2, і паўцені (вобласці 1' і 2'). У вобласці 1' і 2' не пападае святло толькі ад адной лямпачкі. Цень і паўцень можна атрымаць і ад адной крыніцы, калі яна не з'яўляецца кропкавай (мал. 228).

▼ Для дапытлівых

Утварэннем ценю і паўценю можна растлумачыць сонечныя і месячныя зацьменні. Калі Месяц аказваецца паміж Зямлёй і Сонцам, на паверхню Зямлі ў вобласць 2 сонечныя прамені не пападаюць (мал. 229) і жыхары гэтай мясцовасці становяцца сведкамі поўнага сонечнага зацьмення. У вобласці 1 і 3 святло пападае часткова. Гэта вобласці паўценю. Жыхары гэтых мясцін будуць бачыць тую частку Сонца, ад якой у дадзеную вобласць пападае святло.



Мал. 229

Галоўныя вывады

1. Скорасць святла ў вакууме і ў паветры прыкладна роўна $300\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.
2. Скорасць святла ў празрыстых вадкіх і цвёрдых асяроддзях меншая за скорасць святла ў паветры.
3. Чым меншая скорасць святла ў асяроддзі, тым асяроддзе аптычна больш шчыльнае.
4. У аднародных празрыстых асяроддзях святло распаўсюджваецца прамалінейна.

? Кантрольныя пытанні

1. Чаму так доўга не маглі вымераць скорасць святла?
2. Чаму роўна максімальнае значэнне скорасці святла?
3. У чым сутнасць закону прамалінейнага распаўсюджвання святла?
4. Чым тлумачыцца ўтварэнне ценю і паўценю?

→ Дамашняе заданне

З дапамогай крыніцы святла і ліста кардону з дзвюма адтулінамі атрымайце на экране цень і паўцень ад непразрыстага прадмета. Апішыце эксперымент.

Практыкаванне 21

1. Ці можна, маючы кропкавую крыніцу святла, экран і непразрысты прадмет, атрымаць: а) толькі цень; б) цень і паўцень; в) толькі паўцень?

2. Колькі часу ідзе святло ад Сонца да Зямлі, калі адлегласць паміж імі $l = 1,49 \cdot 10^8$ км?

3. Чаму астраномы гавораць: «Мы вывучаем мінулае зорак»?

4. На якой вышыні над паверхняй вады ў басейне глыбінёй $h = 3,9$ м трэба павесіць лампачку, каб святло ад яе ішло ў паветры і вадзе аднолькавы час?

5. Чаму рукі хірурга, якія асвятляюцца зверху святільнікамі (мал. 230), не даюць на «аперацыйным полі» цень, які мог бы перашкаджаць правядзенню аперацыі?



Мал. 230