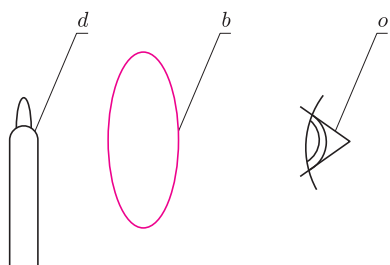


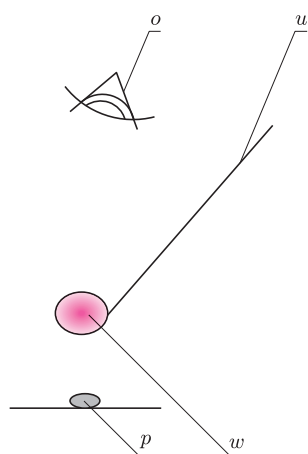
Jakie obrazy są wytwarzane przez soczewki?



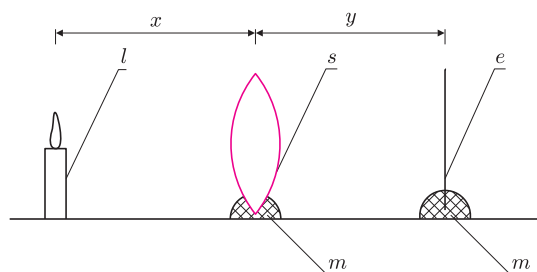
Odległość ta nazywa się odległością dobrego widzenia, czyli taką, przy której człowiek o normalnym wzroku prawidłowo i bez wysiłku widzi przedmioty.



Rys. 1. Spłaszczona butelka jako lupa; b – butelka, d – długopis, o – oko.



Rys. 2. Kropla wody jako lupa; u – uchwyt, w – woda, p – przedmiot, o – oko.



Rys. 3. Schemat układu do badania obrazów wytwarzanych przez soczewkę skupiającą; l – świeczka, s – soczewka, e – ekran, m – plastelina.

Stanisław BEDNAREK

W doświadczeniach opisanych w poprzednim odcinku badaliśmy, od czego zależy zdolność skupiająca soczewek. Dziś spróbujemy odpowiedzieć na pytanie, jakie obrazy powstają za ich pomocą.

Najprostsze doświadczenie, wyjaśniające nieco ten problem, możemy wykonać, posługując się spłaszczoną, przezroczystą butelką od szamponu do włosów napelnioną wodą i szczelnie zamkniętą. Tak przygotowana butelka stanowi dwuwypukłą, skupiającą soczewkę walcową. Butelkę chwytemy jedną ręką za korek i ustawiamy w odległości około 25 cm na wprost oczu. Do drugiej ręki bierzemy jakiś niewielki przedmiot, np. długopis, i umieszczamy go w odległości kilku centymetrów za butelką (rys. 1). Patrząc na butelkę, widzimy powiększony obraz tego przedmiotu. Obraz ten jest tak samo skierowany jak przedmiot – nazywamy go obrazem prostym. Ponadto widziany obraz jest pozorny. Oglądamy go za butelką w miejscu, w którym naprawdę się nie znajduje. W tym przypadku butelka z wodą działa jak lupa, czyli soczewka skupiająca o krótkiej ogniskowej, przeznaczona do oglądania w powiększeniu niewielkich przedmiotów.

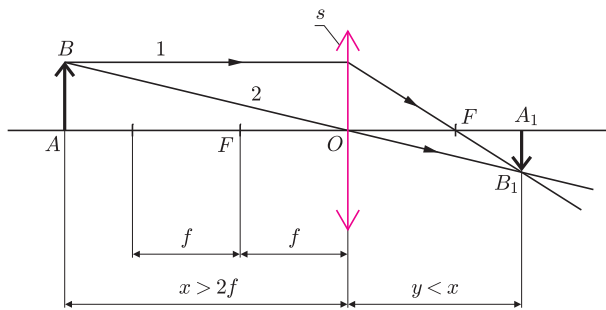
Interesującą lupę możemy też łatwo wykonać z kropli wody. W tym celu z kawałka drutu o średnicy około 1 mm, uzyskanego np. z rozprostowanego spinacza biurowego, wyginamy kombinerkami oczko o średnicy kilku milimetrów z kilkucentymetrową, odgiętą ukośnie rączką (rys. 2). Oczko zanurzamy w wodzie i wyjmujemy, tak żeby osadziła się na nim duża, spłaszczona kropla wody. Właśnie ta kropla będzie spełniała rolę soczewki. Jeżeli tę soczewkę umieścimy w niewielkiej odległości nad jakimś małym obiektem, np. nad skrawkiem papieru, to patrząc na nią, zobaczymy powiększony, pozorny i prosty obraz tego obiektu.

Żeby przeprowadzić systematyczne badania obrazów, wytwarzanych przez soczewki skupiające, najlepiej będzie, jeżeli postaramy się o lupę szklaną lub plastikową o średnicy 5–6 cm. Taką lupę można najtaniej, bo już za kilka złotych, kupić na bazarach lub w sklepie z artykułami papierniczymi. Nieco droższe lupy znaleźć można w sklepach fotooptycznych. Możemy również wykorzystać soczewkę ze starych okularów używanych przez dalekowidza. Oprócz lupy potrzebna będzie jeszcze latarka, wytwarzająca równoległą wiązkę światła, cienka świeczka o długości 2–3 cm, kwadratowy kawałek białego kartonu o boku kilku centymetrów, linijka i trochę plasteliny. Żeby ułatwić obserwację obrazów, nasze doświadczenia powinniśmy wykonać w zaciemnionym pomieszczeniu.

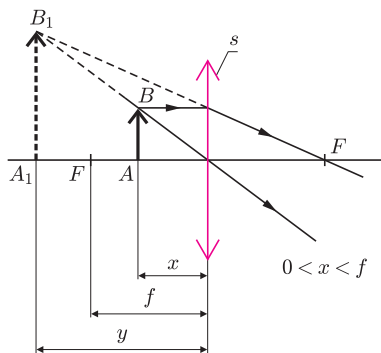
Na początek, podobnie jak w doświadczeniach opisanych w poprzednim odcinku, wyznaczymy ogniskową posiadanej soczewki. Skierujemy na soczewkę równoległą wiązkę światła, wychodzącą z latarki, i, przesuwając biały kawałek kartonu ustawiony za soczewką, znajdziemy taką jego odległość od soczewki, przy której świecąca plamka ma najmniejsze rozmiary. Zmierzymy tę odległość za pomocą linijki. Jest to ogniskowa f naszej soczewki.

Następnie zbudujemy nasz układ doświadczalny, który przedstawia rysunek 3. Świeczkę ustawiamy na powierzchni stołu. Przed świeczką w odległości x , większej niż dwukrotność ogniskowej ($x > 2f$), ustawiamy soczewkę, wciskając ją w grudkę plasteliny. Z kolei za soczewką ustawiamy kawałek białego kartonu, również wciskając go w odrobinę plasteliny. Karton ten posłuży nam za ekran, na którym będziemy oglądali obrazy świeczki.

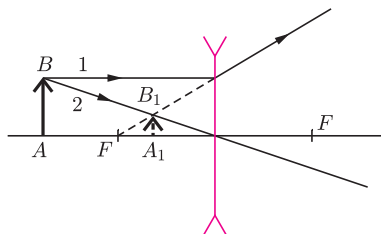
Mając przygotowany układ doświadczalny, przystępujemy do badania obrazów. Zapalamy świeczkę, zaciemniamy pokój i przesuwamy ekran tak, żeby zobaczyć na nim najwyraźniejszy, czyli ostry, obraz świeczki. Jakie właściwości ma ten obraz? Jak daleko od soczewki znajduje się ekran? Okazuje się, że w tym przypadku obraz jest mniejszy niż świeczka, czyli przedmiot. Ponadto obraz jest odwrócony, a ponieważ widzimy go na ekranie, to nazywamy obrazem rzeczywistym. Odległość y ekranu od soczewki jest mniejsza niż odległość x przedmiotu od niej.



Rys. 4. Graficzna metoda otrzymywania obrazu rzeczywistego, wytwarzanego przez soczewkę skupiającą.



Rys. 5. Graficzna metoda otrzymywania obrazu pozornego, wytwarzanego przez soczewkę skupiającą.



Rys. 6. Graficzna metoda otrzymywania obrazu wytwarzanego przez soczewkę rozpraszającą.

Jeżeli udało się nam zdobyć soczewkę rozpraszającą (najłatwiej chyba można ją uzyskać ze starych okularów używanych przez krótkowidza), to stosując układ doświadczalny, jak na rysunku 3, i metodę graficzną, moglibyśmy zbadać obrazy wytwarzane przez tę soczewkę. Rysując obrazy, należy w tym przypadku pamiętać, że promień 1, równoległy do głównej osi optycznej, załamuje się w ten sposób, iż jego przedłużenie przechodzi przez ognisko pozorne (rys. 6). Promień 2, padający na środek optyczny soczewki, przechodzi, jak poprzednio, bez zmiany kierunku. Obrazy tworzą się w punkcie przecięcia przedłużenia promienia 1 z promieniem 2. Są to więc obrazy pozorne i możemy je oglądać, patrząc w soczewkę od strony promieni wychodzących. Jako problem doświadczalny do samodzielnego rozwiązania proponujemy zbadanie, czy dla tej soczewki właściwości obrazu zależą od odległości przedmiotu od soczewki.

Właściwości otrzymanego obrazu możemy też zbadać teoretycznie, używając ogólnej metody graficznej, pokazanej na rysunku 4. Rysujemy soczewkę s i po obu stronach w równych odległościach zaznaczamy jej ogniska F . W odległości $x > 2f$ zaznaczamy przedmiot AB w postaci strzałki. Z wierzchołka B tej strzałki rysujemy dwa promienie świetlne 1 i 2, z których pierwszy biegnie równoległe do głównej osi optycznej soczewki, czyli prostej przechodzącej przez oba ogniska F i środek optyczny soczewki O , a drugi przechodzi przez ten środek. Promień 1 po załamaniu się w soczewce przechodzi przez jej ognisko, a promień 2 biegnie prosto bez zmiany kierunku. Oba promienie przecinają się

w punkcie B_1 , który jest obrazem punktu B . W ten sam sposób możemy wykreślić obrazy dowolnych punktów oglądanego przedmiotu. Zauważymy wówczas, że obraz jest zmniejszony, odwrócony i rzeczywisty, oraz że tworzy się w odległości y od soczewki spełniającej warunek $y < x$.

Następnie dwukrotnie powtarzamy, z drobnymi modyfikacjami, poprzednie doświadczenie. Za pierwszym razem zmniejszamy odległość przedmiotu od soczewki do $x = 2f$, a za drugim zmniejszamy jeszcze bardziej, tak żeby spełniony był warunek: $2f > x > f$. Jakie obrazy otrzymamy za pierwszym i drugim razem? Spróbujmy je narysować poznaną metodą graficzną. Okazuje się, iż w obu przypadkach obrazy są rzeczywiste i odwrócone, ale w pierwszym przypadku wielkość obrazu jest taka sama jak przedmiotu, a w drugim obraz jest powiększony.

Umieśćmy teraz przedmiot w ognisku soczewki ($x = f$) i przesuwając ekran, spróbujmy znaleźć obraz. Czy jest to możliwe? Dla wyjaśnienia sprawy zastosujemy do tej sytuacji metodę graficzną. Widzimy, że w tym przypadku nie możemy znaleźć obrazu, a metoda graficzna pokazuje, iż promienie wychodzące z dowolnego punktu przedmiotu po przejściu przez soczewkę są równoległe. Nie mogą więc przeciąć się i utworzyć obrazu. Czasem mówi się, że obraz znajduje się w nieskończoności, ale nasza skończona natura nie pozwala na jego wykrycie.

Zmniejszmy jeszcze bardziej odległość przedmiotu od soczewki, umieszczając go między ogniskiem F i soczewką ($0 < x < f$). Przesuniemy ekran i poszukajmy obrazu. Dla sprawdzenia naszych początków zastosujemy metodę graficzną. Co z tego wynika? Okazuje się, że na ekranie nie możemy znaleźć obrazu, a w metodzie graficznej promienie wychodzące z soczewki są rozbieżne i nie przecinają się (rys. 5). Nie mogą więc dać obrazu rzeczywistego, który byłby widoczny na ekranie. Możemy jednak przedłużyć promienie wychodzące z soczewki w kierunku przedmiotu i wówczas ich przedłużenia przetną się w punkcie B_1 , który jest obrazem pozornym punktu B . Obraz ten zobaczymy, patrząc w soczewkę od strony wychodzących promieni. Jest on powiększony i prosty. Właśnie takie obrazy widzieliśmy za pomocą lupy w pierwszych dwóch doświadczeniach.

Na koniec warto dodać, że poznanie obrazów wytwarzanych przez soczewki pozwala zrozumieć działanie wielu przyrządów optycznych, np. lornetki, lunety, teleskopu, mikroskopu, aparatu fotograficznego, a także naszego oka. Warto też wspomnieć o bardzo interesującej soczewce, którą można czasem kupić w sklepach fotooptycznych. Jest to duży, przezroczysty arkusz giętkiej folii, mający wszystkie właściwości soczewki skupiającej. Dokładne oględziny pokazują, że jego powierzchnia nie jest gładka, lecz ma wiele współśrodkowych rowków w kształcie okręgu, na których światło ulega dyfrakcji. Jest to soczewka Fresnela.

Od Redakcji:

Badanie soczewki Fresnela i jej prostych uogólnień można, przy większym nakładzie pracy, przeprowadzić w domowych warunkach. Zagadnieniu temu poświęcony będzie artykuł Aleksandra Kubicy i Wiktora Pilewskiego w następnym numerze.