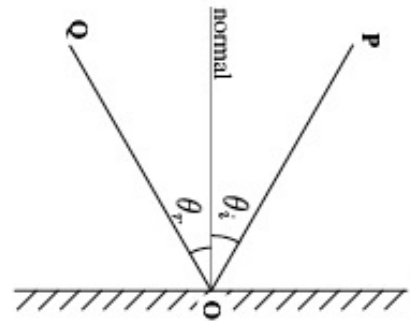


2. Zjawiska odbicia światła

Zasady fizyczne zjawiska

2.1 Prawa odbicia

W optyce geometrycznej zjawisko odbicia światła rządzi się dobrze znanymi prawami matematycznymi, które głoszą, że kąt padania i kąt odbicia padającej wiązki światła od płaszczyzny odbijającej W są równe oraz, że promień padający, odbity oraz linia (normalna) prostopadła do płaszczyzny W leżą w jednej płaszczyźnie. Prawo to zaobserwowane doświadczalnie można także wyprowadzić z całkowicie teoretycznych rozważań na podstawie zasady Fermata, która głosi, że promień świetlny biegnąc pomiędzy dwoma punktami przestrzeni zawsze wybiera taką drogę aby wymagany czas był najkrótszy. można "przełączyć".



2.2. O przezroczystości szkła i odbiciu światła

Dlaczego lustro odbija światło a okno przepuszcza? Wbrew pozorom, nie jest to takie proste. Spójrz na tzw. folie (transparencje): kiedy jest ich kilka, są one przezroczyste, kiedy jest więcej, działają jak lustro. Każda powierzchnia przepuszcza światło w pewnym tylko stopniu. Przykładowo przez tafłę szkła przechodzi około 96% natężenia światła padającego. Różne substancje są przezroczyste dla różnego rodzaju światła. Na przykład szkło przepuszcza światło widzialne a odbija promieniowanie podczerwone (na tej zasadzie działają szklarnia) a krzem, jest nieprzezroczysty w zakresie widzialnym a przepuszczalny dla podczerwieni. Zrozumienie przechodzenia światła przez materię wymaga poznania jego struktury falowej.



Odbijanie w "tradycyjnym" lustrze, czyli w napyłonej pod szkłem warstwie srebra, wynika z faktu, że fale widzialne nie wnikają w metale. Własności odbijające zależą od gęstości elektronów w metalu i długości fali oraz uporządkowania powierzchni.

Odbicie w tzw. warstwach przeciwodblaskowych (zob. różowe okulary) zachodzi dzięki doborowi stałej dielektrycznej i grubości warstwy.

Rys. 2.2a Odbicie fotografującego w stosie kilkunastu folii plastikowych (transparencji) – w zależności od ekspozycji zdjęcia widoczne jest tylko odbicie, albo też napis znajdujący się pod kilkoma z tych folii.

Na przykład wewnętrzne lustro w niektórych samochodach można przełączyć w ten sposób, aby kierowca nie był oślepiany przez jadący za nim inny samochód. W rzeczywistości, zmienia się nachylenie lusterka, ukrytego pod przednią szybą i tylko ta ostatni odbija lampy.



Rys. 2.2b Podwójny obraz powstający przez odbicie od zwierciadła lub od szklanej (pozornie doskonale przezroczystej) szyby położonej przed zwierciadłem

2.3 Przyrządy wykorzystujące prawa odbicia

Miraż (fatamorgana)

Z powierzchni dziurawej "muszli" patrzy na nas świnka, ale kiedy próbujemy ją złapać - nasze palce chwytają powietrze.

Patrząc nieco z boku na otwór zabawki, widzimy obraz przedmiotu, który w rzeczywistości znajduje się na jej dnie. Obraz ten jest tak wyraźny, że można przez pomyłkę uznać go za rzeczywisty przedmiot. Dopiero sięgając po niego ręką można się przekonać, że w tym miejscu nic nie ma.

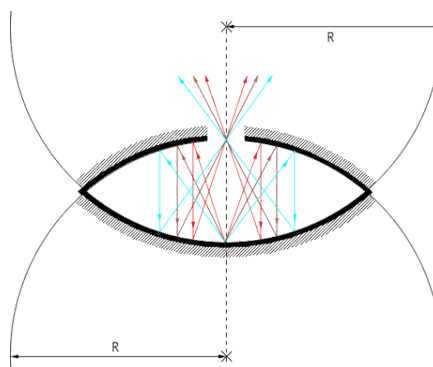
Zabawka ta składa się z dwóch wklęsłych zwróconych do siebie zwierciadeł sferycznych. Oba zwierciadła mają taką samą ogniskową, a odległość między zwierciadłami (wzdłuż osi optycznej układu) równa jest wielkości tej ogniskowej (czyli połowie promienia krzywizny).

Bieg promieni świetlnych tworzących miraż pokazuje rysunek obok. Promienie świetlne wychodzące z przedmiotu rozpoczynają bieg w ognisku zwierciadła górnego, więc odbijają się od zwierciadła górnego równoległe do osi optycznej i podążają w kierunku zwierciadła dolnego. Następnie odbijają się od zwierciadła dolnego, w kierunku ogniska tego zwierciadła, które znajduje się w otworze zwierciadła górnego. W efekcie w otworze zwierciadła górnego powstaje odwrócony rzeczywisty obraz przedmiotu.

Ze względu na tzw. aberrację sferyczną przedmiot, którego miraż chcemy uzyskać za pomocą tej zabawki musi być względnie mały w stosunku do promienia krzywizny zwierciadeł. Musi on też być stosunkowo niski, aby powyższe rozważania na temat powstawania obrazu były słuszne (punkty przedmiotu położone wyżej, czyli bliżej górnego zwierciadła, są powiększane inaczej niż punkty leżące w ognisku).

Zabawkę tą można nazwać "mirażem" lub "fatamorganą", ponieważ to co widzimy jest obrazem przedmiotu, który w rzeczywistości znajduje się poza zasięgiem naszego wzroku. W tym przypadku "fatamorgana" została stworzona za pomocą dwóch wklęsłych zwierciadeł, inaczej niż jak bywa to na pustyni, gdzie nagrzewanie się powietrza przy powierzchni ziemi powoduje zmianę współczynnika załamania światła w powietrzu i przez to zakrzywienie się promieni świetlnych, co powoduje powstawanie złudnych obrazów.

Ilustracje:

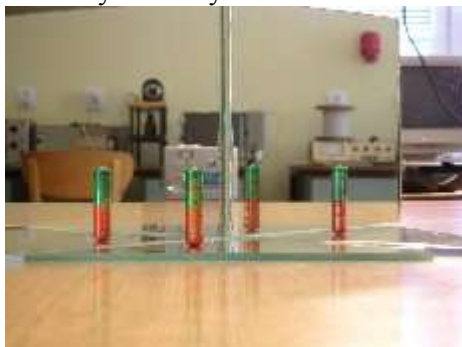


Salon fryzjerski

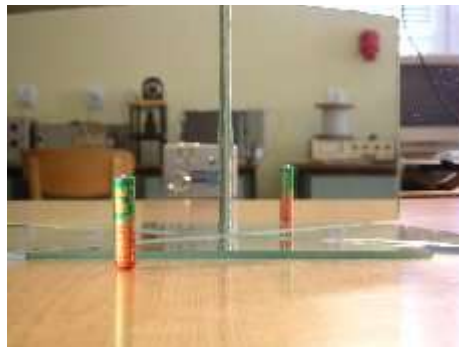
Z pewnością zaobserwowałeś, siedząc przed lustrem (w domu lub u fryzjera), że twoje odbicie w lustrze jest odwrócone. Podnosząc prawą rękę twój obraz powstający w lustrze podnosi lewą rękę. Codzienne korzystanie z lustra powoduje, że nie zwracasz na to uwagi. Co zrobić by twoje odbicie było nie odwrócone?



Układ dwóch lusterek tworzących kąt prosty pozwala na obserwację nie odwróconego obrazu. Spróbuj uczesać się w zmodyfikowanym zwierciadle.



Która z baterii poniżej na zdjęciu nie jest obrazem powstałym po odbiciu od zwierciadła (-deł)?



Kalejdoskop

Mówi się "świat jak w kalejdoskopie", gdy chcemy powiedzieć jak się szybko coś zmienia. W rzeczywistości, "kalejdoskop", to z greckiego "piękny", a nie zmienny obraz. Chcesz zobaczyć świat w kalejdoskopie? Spójrz przez tę rurkę. Pięknie?

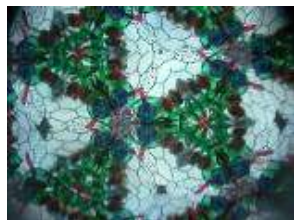
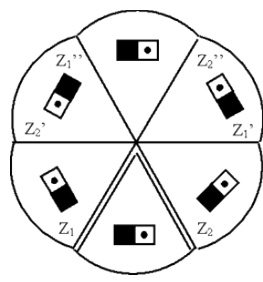
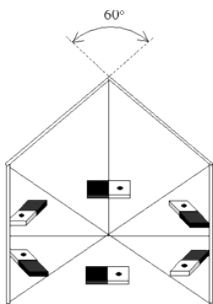
Jeśli chcesz zrozumieć jak działa kalejdoskop, spójrz na lampkę przez kalejdoskop, ale z "odwrotnej strony". Widać od razu, że lustra są tylko trzy. A kolorowe szkiełka umieszczone wewnątrz, między dwoma przesłonami, jedną matową a drugą przezroczystą, przypominają zielone liście, różowe płatki zaś czerwona igielka przypomina łądygę.

Kalejdoskop był ulubioną rozrywką na dworze królowej Wiktorii w Anglii ponad sto lat temu.

Kalejdoskop został wynaleziony przez fizyka szkockiego Davida Brewstera (1781-1868), tego od prawa polaryzacji przez odbicie od powierzchni dielektryków.

Lustra, ułożone wzdłuż osi kalejdoskopu, tworzą wzajemny kąt $22,5^\circ$, 30° lub 60° .

Nazwa pochodzi z greckiego kalos (piękny) + eidos (obraz) + skopéo (widzieć).



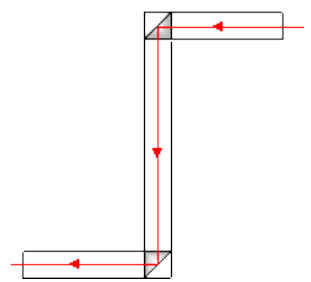
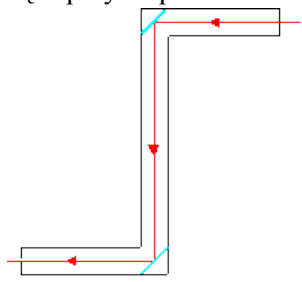
Peryskop

Peryskop, który najczęściej kojarzy nam się z łodzią podwodną, jest jednym z najprostszych przyrządów optycznych - składa się z dwóch płaskich zwierciadeł. Można go wykorzystać do obserwacji obiektów nie znajdujących się bezpośrednio w polu widzenia obserwatora. Najczęściej obiekt obserwowany znajduje się powyżej obserwatora.

Powstający obraz jest pozorny (nierzeczywisty czyli urojony), jest obrazem tej samej wielkości co przedmiot, jest prosty (nie odwrócony).

Zasadę działania peryskopu (zwierciadlanego - z lewej strony oraz pryzmatycznego z prawej strony) przedstawiono na schemacie. Promienie świetlne padają na każde ze zwierciadeł pod kątem 45° . Patrząc w wizjer, widzimy obraz prosty obserwowanego przedmiotu.

Chcąc obejrzeć cały horyzont, obracamy się wraz z peryskopem o 360° . Dlaczego nie ma prostego urządzenia, które obracałoby o 360° tylko górną część peryskopu?

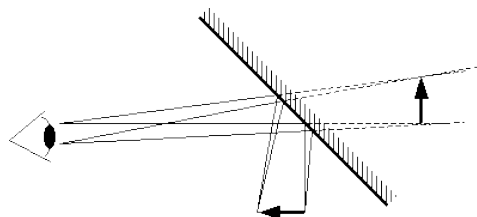


Skarbonka iluzjonisty

Gdy spojrzysz przez okienko do wnętrza skarbonki, zobaczysz pustą oświetloną przestrzeń, a na środku unoszący się swobodnie przedmiot. Lecz gdy do szczeliny skarbonki wrzucisz monetę, zniknie i nie pojawi się w środku. Co się z nią stało?

Wewnątrz skarbonki znajduje się zwierciadło umieszczone na przekątnej sześciennego wnętrza. Na środku zwierciadła przyklejona jest połówka symetrycznej bryły. Dzięki lustrzanemu odbiciu powstaje złudzenie, że widzimy całe wnętrze. Taka konstrukcja sprawia, że druga połowa skarbonki jest niewidoczna, a do niej właśnie trafia wrzucona moneta. Światło odbite przez bryłę (rozproszone na jej powierzchni) jest odbijane przez lustro i dociera do naszych oczu. Nam wydaje się, że światło zostało wysłane przez przedmiot znajdujący się za lustrem, to "nieprawdziwe" ciało nazywamy obrazem. Ponieważ obraz znajduje się za powierzchnią zwierciadła, nazywany jest obrazem pozornym.

Rysunek obok uwidacznia schemat powstawania obrazu w zwierciadle płaskim ustawionym pod kątem 45 stopni do kierunku obserwacji.



Lusterko na wszystko

Podobno Archimedes, w czasie obrony Syrakuz na obecnej Sycylii (zwanej wówczas Wielką Grecją) używał luster do podpalania na odległość statków atakujących Rzymian. Dziś, na krętych uliczkach Włoch, krzywe lustro uprzedzają o nadjeżdżającym zza zakrętu samochodzie. Inne krzywe lustro w aptece, w Sopocie służy do odchudzania się.



Poszukaj i ty lusterka, które mama używa do makijażu i zobacz, jakie lusterko ma sąsiad w samochodzie (to na zewnątrz, uważaj aby sąsiad się nie złościł!). Jedno, to mamy, powiększa twój krzywy nos, a to w samochodzie sąsiada pomniejsza. Jedno nazywamy wklęsłym, drugie wypukłym.



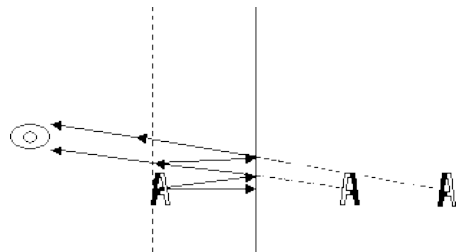
Duże wklęsłe lustro, w kosmicznym teleskopie Hubble'a służy do obserwacji odległych galaktyk. Jednym słowem, (krzywe) lustra są dobre na wszystko.

Teleskop Hubble'a jest przykładem refraktora, czyli teleskopu Newtona. Lustra Archimedesy były, oczywiście lustrami płaskimi lub wklęsłymi. Lustra uliczne i lusterka samochodowe (te zewnętrzne, w lepszych modelach samochodów) są zwierciadłami wypukłymi. W odróżnieniu od zwierciadeł wklęsłych, obraz w nich jest zawsze prosty (i zawsze pozorny i pomniejszony, jak w okularach rozpraszających, czyli krótkowidza). Lusterko kosmetyczne daje obraz powiększony, ale tylko blisko nosa.

Spojrzenie w dal

Widzisz koronę z lampek? A za nią następną, i jeszcze następną. Taki długi, oświetlony tunel?

W rzeczywistości jest to płytka na 5 cm skrzynka z dwoma lustrami: całkowicie odbijającym na dnie skrzynki i częściowo odbijającym, na przedniej ścianie. Tuż pod przednią szybą jest korona z lampek. Jej obraz odbija się w lustrze na dnie skrzynki - wydaje się być odległy o 10 cm od pierwszego wieńca lampek. Promienie odbite napotykają w drodze powrotnej przednią szybę i częściowo się od niej odbijają; odbiwszy się drugi raz od zwierciadła w głębi tworzą drugi obraz lampek, położony pozornie 20 cm od samych lampek, itd.



Schemat wyjaśnia, dlaczego kolejne wieńce wydają się być położone koncentrycznie wewnątrz poprzedniego, o ile nasze oko znajduje się na osi. Natężenie odbitego światła maleje w kolejnych odbiciach - lampki wydają się być coraz ciemniejsze w miarę kolejnych odbić, jak światełko na końcu tunelu.

Zauważmy, że takie kolejne odbicia w płytkiej skrzyneczce dają wrażenie nieskończenie długiego tunelu. Na podobnej zasadzie działają lasery: ośrodek emitujący światło (gaz, kryształ) znajduje się między dwoma lustrami "półprzepuszczalnymi" (w rzeczywistości odbijają one 99% światła i więcej). Światło odbijając się, przechodzi wielokrotnie przez materiał emitujący, oddziałuje z jego atomami i ulega "wzmocnieniu" (sumuje się z promieniowaniem wymuszonym). Jedną z zasad leżącą u podstaw działania lasera jest więc podobna jak w naszym tunelu - wydłużenia drogi optycznej.