

## POSZERZANIE WYOBRAŹNI

*Wyobraźnia jest ważniejsza niż wiedza  
Albert Einstein*

Początki zwierciadeł sięgają czasów niepamiętnych. Znalezione w Szkocji cienkie, okrągłe lub czworokątne, polerowane płyty kamienne z okresu neolitu były być może pierwszymi lustrami. W czasie średniowiecza posługiwano się niemal wyłącznie zwierciadłami metalowymi. Odbijały one około 40% światła, dając odbicia mętne i niewyraźne. Zwierciadła z polerowanego metalu szybko matowiały od wilgoci i pokrywały się niebieskawo - zielonym lub czarnym nalotem. Trudno ustalić dokładnie, kiedy i gdzie pojawiły się pierwsze zwierciadła szklane. Wiele tysięcy lat, wiele doświadczeń i wynalazków z dziedziny techniki, obróbki metali, techniki obróbki szkła i techniki obróbki chemicznej musiało złożyć się na to, byśmy mogli posługiwać się dzisiaj lustrem jako narzędziem pracy, które odbija 90% a w niektórych przypadkach 98% światła[7].

Niewiele wynalazków odegrało tak wielkie znaczenie w dziejach ludzkości, jaka przypada zwierciadłu. Zastosowań zwierciadła można przytaczać na tysiące sposobów jak i urządzeń, których istotnym elementem jest lustro. Spełnia ono ważną rolę nie tylko w intymnym życiu jednostki lecz i w takich dziedzinach życia jak: technika, nauka, sztuka, medycyna itd.

Wprowadzenie do programu dydaktycznego problematyki złudzeń optycznych w pracowni rysunku technicznego i geometrii wykreślnej było podyktowane tym, by nauczanie tych przedmiotów miało nie tylko charakter specjalny ale także i ogólnokształcący. Charakter specjalny tych przedmiotów polega na opanowaniu schematów tak, aby porozumiewać się za pomocą informacji wizualnej. Schematy te mają cechy umowne, znormalizowane, są dla wszystkich czytelne i mogą być użyteczne w wielu dziedzinach życia społecznego. Z konieczności, nauka głównie odbywa się za pomocą odwzorowania, ale po opanowaniu norm i zasad mamy dużą swobodę w wyborze tematów rozwijających wyobraźnię przestrzenną i pamięć wzrokową [6]. W trakcie zapoznawania się ze światem złudzeń optycznych stosowano metodę kreatywną, która pobudzała do myślenia, zachęcała do wnikliwej i krytycznej obserwacji oraz do wyciągania wniosków.

Tematy ćwiczeń dotyczących złudzeń optycznych to: Bryły niemożliwe. Figury wieloznaczne. Figury niepełne. Figury zamaskowane. Bryły lustrzane.

Wiadomości, uwagi i rozważania zawarte w tym referacie będą dotyczyły problematyki „Brył lustrzanych”, pozostałe tematy wymienione wyżej, zostały omówione w referacie wygłoszonym na „Konferencji o Geometrii” na Politechnice Częstochowskiej we wrześniu 1999 roku, a tekst został opublikowany w materiałach pokonferencyjnych [5].

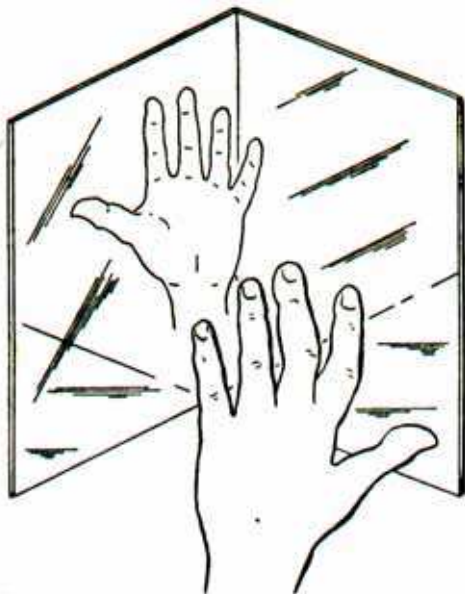
Powszechnie dostępnym narzędziem złudzeń są zwierciadła inaczej lustra. Przeglądanie się w lustrze jest zwykłą, codzienną czynnością. Mogłoby się zatem wydawać, że lustrzany obraz nie kryje w sobie żadnej tajemnicy. Warto jednak zdać sobie sprawę, iż lustro zmienia z lekka barwę, nadaje wszystkim przedmiotom pewien blask, jakiego przeważnie nie mają w rzeczywistości. Scala ono również drobne światła i cienie przez to powierzchnia skóry, włosów lub tkanin jest bardziej jednolita pod względem świetlnym. Czyni z przedmiotów, które możemy oglądać i zarazem dotykać, przedmioty, które możemy tylko oglądać, tym samym dematerializuje je, przemienia je w grę barw i światła,

w nieuchwytną zjawę, w coś niecielesnego [4]. Wiele osób sądzi, że zjawisko to jest zrozumiałe, a nawet oczywiste, nie zadając sobie trudu uświadomienia faktu w jaki sposób powstaje obraz w lustrze.

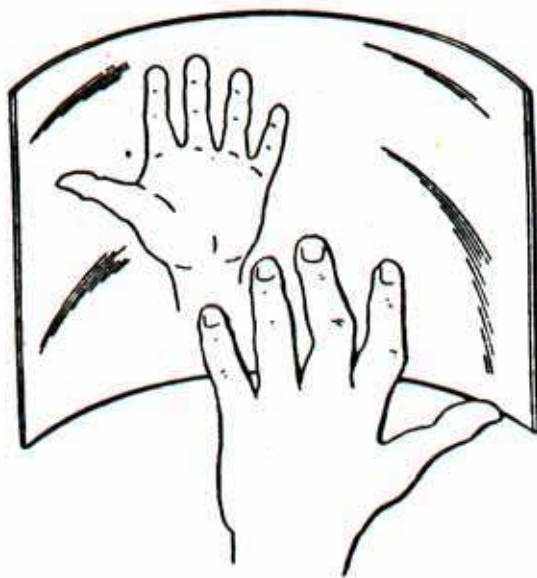
Zachęcam do spojrzenia jeszcze raz w lustro i popatrzenia uważnie na siebie i na cały świat „po drugiej stronie”. Oto pierwszy eksperyment z lustrem w łazience, który został opisany w książce Gombrich’a „Sztuka i złudzenie” [3]. Właśnie w łazience, ponieważ eksperyment udaje się najlepiej z lustrem nieco zamglonym parą. Fascynujące złudzenie polega na obserwowaniu kształtu własnej głowy na powierzchni lustra i na oczyszczeniu z pary powierzchni zamkniętej konturem. Dopiero wtedy zobaczymy, jak mały obraz daje nam złudzenie. Wymiary lustrzanego odbicia wynoszą dokładnie połowę wielkości żywej głowy. Chociaż można to udowodnić stosując prawo podobieństwa trójkątów, spotykamy się zazwyczaj z niedowierzaniem i zdziwieniem. Większość z nas uważa ( ja do nich należałam), że widzą głowę w wielkości naturalnej.

Drugi eksperyment – stoimy twarzą w twarz i uważamy, że osoba którą widzimy w lustrze jest naszym doskonałym obrazem. Czy istotnie jest doskonałym obrazem? Niezupełnie, rzeczywistość i jej odbicie różnią się od siebie. Lewa strona naszej twarzy, podobnie jak twarz każdego człowieka, nie jest dokładnie taka sama jak prawa strona. Jeśli przypatrzymy się starannie swojej twarzy, z pewnością odkryjemy w niej pewne rysy asymetryczne. Zauważymy wówczas, że u naszego zwierciadlanego bliźniaka rysy te występują po drugiej stronie twarzy. Zwierciadło płaskie odwraca odbijany przedmiot wzdłuż pionowej osi z lewa w prawo. Gdy poruszamy prawą ręką, spostrzegamy, że nasz zwierciadlany bliźniak porusza lewą ręką.

Łatwo skonstruować zwierciadło w sposób pokazany na (rys.1). Płaszczyzny zwierciadła powinny tworzyć kąt prosty. Obraz w tym zwierciadle nie jest zwierciadlanym obrazem, lecz jest prawdziwym, nie odwróconym. Ten sam efekt otrzymamy przy pomocy zwierciadła zakrzywionego (rys. 2).



Rys. 1. Podwójne zwierciadło nie odwracające obrazów.

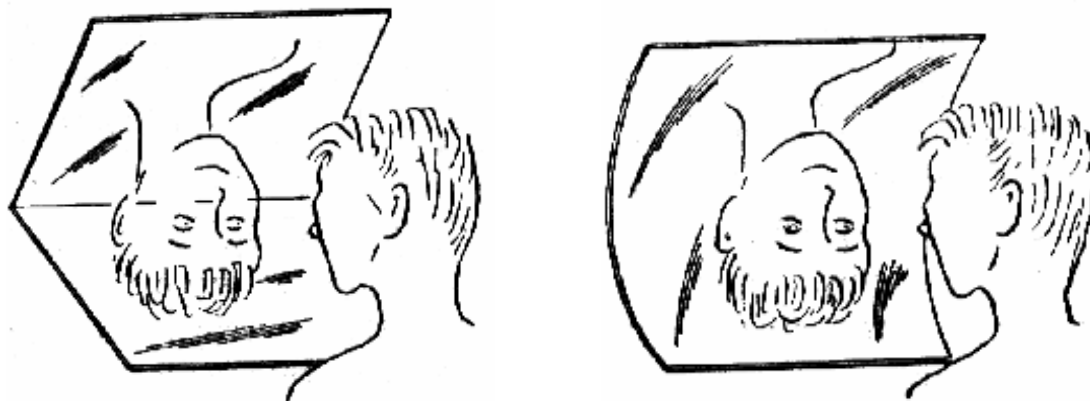


Rys. 2. Pojedyncze, zakrzywione zwierciadło nie odwracające obrazów.

Te magiczne zwierciadła pokazane na rysunkach w istocie są zwierciadłami odwracającymi figury względem dwóch osi. To podwójne odwrócenie względem różnych osi wytwarza obraz, który jest identyczny z przedmiotem odzwierciedlanym.

Jeśli obrócimy magiczne zwierciadła o kąt prosty tak jak na (rys.3) będzie ono nadal odwracało obraz względem osi przód-tył, lecz tym razem zamiast względem osi lewa prawa

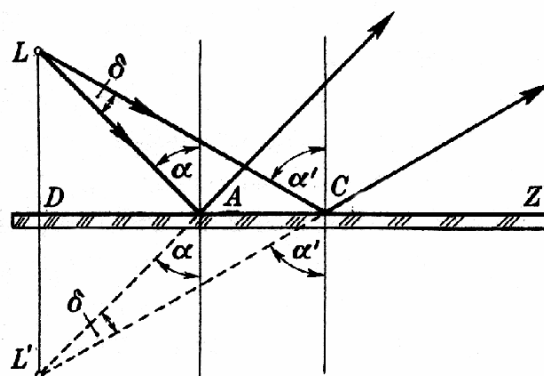
będzie ono odwracało obraz względem osi góra-dół. Widzimy twarze obrócone do góry nogami lecz nie odwrócone [ 2].



Rys. 3. Oba zwierciadła po obróceniu o kąt prosty, odwracają obrazy do góry nogami.

Wyobraźnia oraz sprawność spostrzegania są to elementarne umiejętności wykorzystywane podczas odbierania różnych informacji wizualnych. Aby je rozwijać u studentów użyto narzędzi złudzeń jakimi są powierzchnie lustrzane (płaskie, wypukłe i wklęsłe). Ćwiczenia z tego tematu polegały na zapoznaniu się ze zjawiskiem odbić zwierciadlanych, zaprojektowaniu i wykonaniu różnego rodzaju brył lustrzanych oraz tworzeniu inspirujących obrazów wizualnych wykorzystujących prawo odbicia przy ustawieniu lusterek w sposób zamierzony oraz przypadkowy.

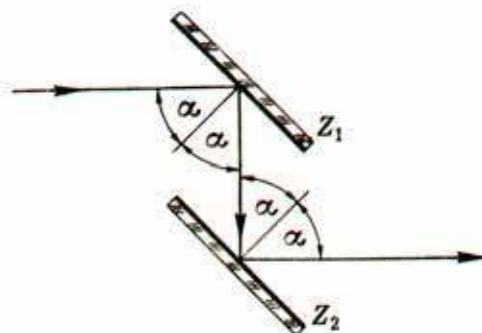
Najlepiej zapoznać się ze zjawiskiem odbić za pomocą zwierciadeł płaskich [8]. Weźmy zwierciadło płaskie  $Z$  (rys. 4.), na które pada promień  $LA$  ze źródła  $L$ , to dla widza patrzącego w kierunku zwierciadła promienie wychodzą pozornie z punktu  $L'$ . Ze względu na równość kątów padania i odbicia punkt przecięcia przedłużeń promieni odbitych  $L'$  leży symetrycznie do źródła światła  $L$  względem zwierciadła. Zwierciadło płaskie daje obrazy pozorne. Tyle mówi fizyka a ściślej mówiąc optyka na temat powstania obrazu w zwierciadle płaskim.



Rys. 4. Odbicie od zwierciadła płaskiego (  $L$  – przedmiot,  $L'$  – obraz )

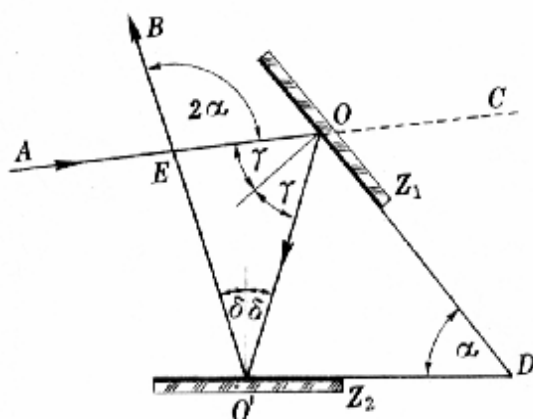
Jak będzie wyglądał obraz powstający w większej liczbie zwierciadeł? Możemy sobie na przykład wyobrazić pokój, w którym wszystkie ściany zostały wyłożone lustrami. W takim otoczeniu, gdziekolwiek spojrzeć, zobaczymy nieskończoną liczbę swoich obrazów powstałych dzięki wielokrotnym odbiciom. Kiedyś w salach takich zamykano przestępców. Poddawano ich w ten sposób torturze nieustannego oglądania własnej postaci w nieskończonej liczbie egzemplarzy i to niezależnie od ich woli. Ta pozornie niewinna, acz wyrafinowana tortura ponoć doprowadzała każdego do szaleństwa [1].

Aby otrzymać serię odbić, nie koniecznie musimy otaczać się lustrami ze wszystkich stron, wystarczy dwa zwierciadła ustawione równoległe (rys.5). Promień odbity od obu zwierciadeł doznaje tylko równoległego przesunięcia.



Rys. 5. Odbicie promienia światła od dwu zwierciadeł równoległych.

Jeżeli dwa zwierciadła ustawimy tak aby utworzyły literę V, powstanie również seria odbić [8]. Przez odpowiednie dobranie kąta między nimi, można utworzyć obraz o dowolnej liczbie osi symetrii (rys.6).



Rys. 6. Odbicie promienia światła od dwu zwierciadeł ustawionych w kształcie V.

Liczba obrazów umieszczonego pomiędzy lustrami przedmiotu rośnie wraz ze zmniejszeniem kąta między nimi. Dla możliwych konfiguracji obowiązuje wzór na liczbę obrazów  $N$  w funkcji kątowej  $\alpha$  przez te zwierciadła utworzonego:  $N = \left[ \frac{360^\circ}{\alpha} \right] - 1$ . Wzór ten obowiązuje jednakże tylko dla kątów  $\alpha$  będących podwielokrotnością  $180^\circ$  ( $\alpha = 90^\circ$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ). Tylko dla takich wartości  $\alpha$  liczba obrazów nie zależy od położenia przedmiotu. Dla kąta  $\alpha$  nie spełniającego powyższego warunku teoria zagadnienia jest bardziej skomplikowana. Przykładowo, dla  $\alpha = 120^\circ$  obserwuje się dwa lub trzy obrazy w zależności od tego, czy przedmiot znajduje się na dwusiecznej kąta między zwierciadłami, czy położony jest poza nią [1].

Moim celem było użycie zwierciadeł nie pod kątem wykorzystania w znaczeniu fizyki lecz do pobudzania wyobraźni i do tworzenia nowych, oryginalnych obrazów.

Po zapoznaniu się ze zjawiskiem odbić zwierciadlanych, zaprojektowano i wykonano różnego rodzaju bryły lustrzane. Rysunek 7 przedstawia trzy przykładowe bryły.



Rys. 7. Bryły lustrzane

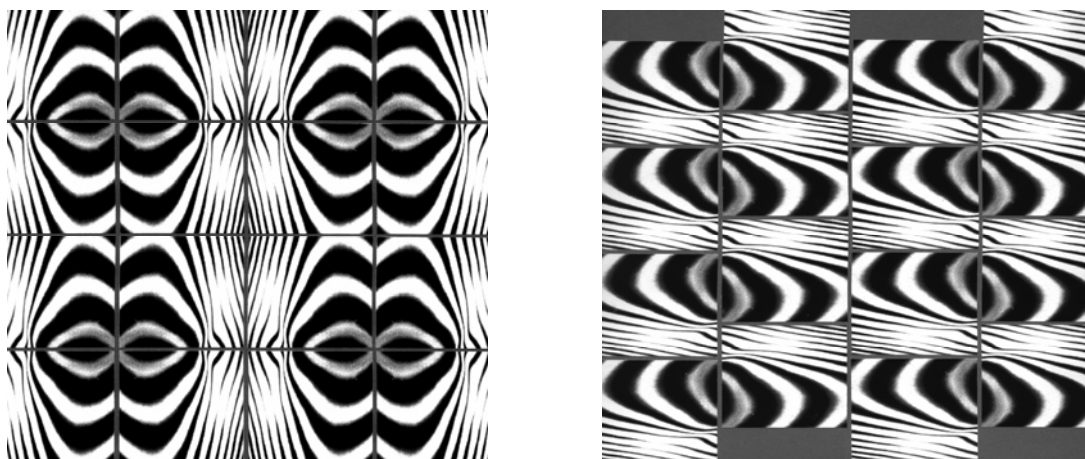
Następnie przystąpiono do tworzenia inspirujących obrazów wizualnych, wykorzystujących bryły lustrzane i prawo odbicia przy ustawieniu luster w sposób zamierzony oraz przypadkowy. Rysunek 8 przedstawia dwa przykładowe obrazy.



Rys. 8. Obrazy powstałe z wykorzystaniem luster.

Wyczarowane obrazy wizualne zadziwiają i bawią. Starożytni Grecy mówili, że zdziwienie jest początkiem poznania. Przestając się dziwić, możemy przestać poznawać.

W tym miejscu zagadnienie „Bryły lustrzane” nie zostało zakończone. Wyobraźnia została poszerzona, a temat rozwinięty o tworzenie deseni. Deseń powstaje przez wielokrotne powtarzanie tego samego kształtu. Wybieramy z obrazu wizualnego jeden kafelek np. kwadrat, który możemy powielać w nieskończoność w dwóch niezależnych kierunkach, zarówno w poziomym, jak i w pionowym, oraz w ich obu kombinacjach. Dla potrzeb niniejszego artykułu wybrano dwa przykłady utworzonych deseni (rys. 9).



Rys. 9. Dwa różne desenie. Kafelki da się ułożyć na wiele sposobów.

Zarówno obrazy wizualne, jak i bardzo ciekawe desenie można tworzyć praktycznie bez ograniczeń. Wszystko zależy od naszej wyobraźni, którą to powinniśmy wykorzystać jako sprawność odkrywczą i twórczą. Podane przykłady nie wyczerpują w całości zagadnienia, część została pominięta, inne zostały zaledwie zasygnalizowane, mają służyć jako inspiracja a nie jako wzór do naśladowania.

Intencją tego artykułu było wciągnięcie czytelnika w świat wyobraźni, który sama odkrywałam. Jeśli dotrze on kiedyś do nauczycieli być może, że pobudzi ich – przywykłą do schematów – wyobraźnię, tak jak zdobywanie wiedzy o złudzeniach optycznych pobudzało moją. Jeśli ta wiedza poruszy i wyobraźnię uczniów wówczas być może zachwieje odrobinę pewność współczesnego społeczeństwa, że otaczający je świat nie daje się zamknąć w ramach sztywnych materialnych schematów.

#### LITERATURA:

- [1]. K.Ernst: „Magia kalejdoskopu”, Wiedza i Życie, Nr 3/2000
- [2]. M.Gardner: „Zwierciadlany wszechświat”, PWN Warszawa 1969
- [3]. E.H.Gombrich: „Sztuka i złudzenie”, PJW Warszawa 1981
- [4]. B.Orłowski, Z.Przyrowski: „Księga wynalazków”, PWN Warszawa 1984
- [5]. J.Sobkowska: „Złudzenia optyczne”, Konferencja o Geometrii, Wydawnictwo: Politechnika Częstochowska, Częstochowa 1999
- [6]. J.Sobkowska, S.Sobkowski: „Kształtowanie wyobraźni poprzez złudzenia optyczne”, IV Konferencja Naukowo Techniczna, »Aktualne problemy naukowo badawcze budownictwa«, Uniwersytet Warmińsko Mazurski, Olsztyn-Łańsk 2000
- [7]. M.Wallis: „Dzieje zwierciadła”, W. Art. Fil. Warszawa 1973
- [8]. Sz.Szczeniowski: „Fizyka doświadczalna” część IV Optyka, PWN Warszawa 1963

## EXTENDING OF IMAGINATION

One of the commonly uses tools of illusions is a mirror. Looking in a mirror is a usual, everyday activity. It seems that mirror reflection does not hide any secrets. In many people's opinion, the phenomenon is so clear and obvious that they do not even try to realise the way it works.

The authorise encourages to look in a mirror once again; to look carefully at yourself and the whole world “on the other side”. This is an experiment with a mirror in a bathroom which was described in Gomrich's book “Art. and Illusion”. Bathroom is the best place for this experiment to succeed because what is needed is a slightly steamy mirror. You have to stand in front of the mirror, draw a contour of your own head on its surface and clean the marked area from the steam. Now you can see how fascinating picture an illusion can give you: the dimensions of the reflection are twice as small as the dimensions of your head. Although it can be proved by using triangle similarity rule we usually meet with scepticism and surprise. Most of us think that what they see is a natural size head.

In the near future a role of a picture in our generation's life will increase greatly. And an ironical phrase “picture civilisation” will change its character. Imagination and efficient observing are elementary abilities used for receiving various visual information. To develop these abilities students use commonly available tools of illusion – mirror surfaces (flat, convex and concave). The exercises concerning this subject were based on designing and making different kind of mirror solids; becoming familiar with a reflection phenomenon; and creating inspiring visual pictures that use reflecting rule by setting up mirrors in intentional and accidental way.