



Dlaczego widzimy trójwymiarowo?

Sławomir Brzezowski

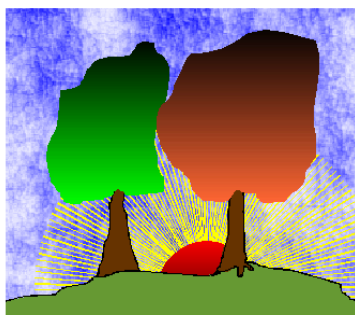
Instytut Fizyki UJ

Aby widzieć trójwymiarowo, musimy mieć możliwość wyraźnego (ostrego) widzenia obydwójgiem oczu. Zwykła wada wzroku nie stanowi tu przeszkody: wystarczy włożyć odpowiednie okulary.

Widzenie trójwymiarowe to zdolność porównywania odległości różnych przedmiotów, które jednocześnie znajdują się w naszym polu widzenia. Nasz mózg potrafi dokonać takiej oceny dzięki temu, że patrzymy dwójgiem oczu, znajdujących się w różnych miejscach. To kilkucentymetrowe przesunięcie jednego oka względem drugiego sprawia, że obrazy przesyłane do mózgu z obydwójga oczu, chociaż podobne, nieco różnią się od siebie. Wyjaśnia to poniższy rysunek. Spoglądamy w terenie w stronę dwóch drzew. Każde oko widziałooby te drzewa nieco inaczej ustawione względem siebie i innych obiektów, a nasz mózg, porównując te dwa obrazy, wyciągnie z tych różnic wnioski, że drzewo z prawej stoi bliżej niż to z lewej, a obydwie są bliżej niż Słońce.



obraz w oku lewym



obraz w oku prawym

W każdym oku tworzy się nieco inny obraz.

Znajdź te różnice i na ich podstawie spróbuj odtworzyć przestrzenny rozkład obiektów

Warto sobie uświadomić, jak sprawnym komputerem jest mózg ludzki (i zapewne nie tylko ludzki): komputer ten widzi w zasadzie dwa różne obrazy. Potrafi jednak rozpoznać na nich te same przedmioty i dokonać porównania, a także „nałożyć” te dwa (różne!) obrazy na siebie w taki sposób, abyśmy nie widzieli

podwójnie. Drobnie różnice między obrazami są przez mózg rejestrowane poza naszą świadomością i interpretowane jako skutek różnych odległości do obiektów.

Wszystkie te umiejętności są nabyte i na przykład noworodek ich nie posiada. Spróbujmy, patrząc w dal, ucisnąć lekko róg oka tam, gdzie zbiegają się powieki. Na skutek tego gałka oczna ulegnie niewielkiemu obróceniu, co sprawi, że obraz na siatkówce tego oka ulegnie przesunięciu. Od razu zaczynamy widzieć podwójnie! Przyczyna tego jest następująca: obrazy tych samych przedmiotów tworzą się teraz na obydwu siatkówkach w różnych miejscach, a nie tak jak zwykle, w miejscach, które nasz mózg przyzwyczajony jest kojarzyć ze sobą. Z takim sygnałem nasz mózg sobie nie radzi i stwierdza, że każde z naszych oczu widzi coś zupełnie innego. Gdybyśmy jednak z takim „zezowatym” okiem pozostali na czas dłuższy, to mózg po jakimś czasie zorientuje się w nowej sytuacji, skojarzy obrazy odbierane z obydwójga oczu, inaczej przyporządkuje odpowiadające sobie pary punktów na siatkówkach i znowu zaczniemy widzieć pojedynczo.

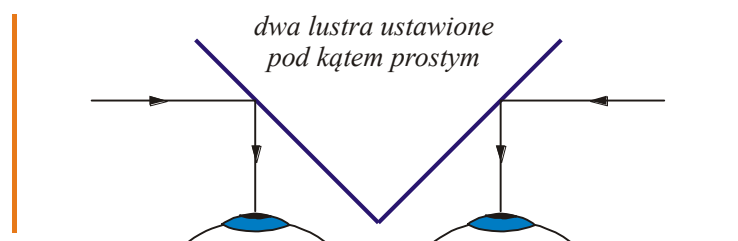
Nasza zdolność do widzenia trójwymiarowego pozwala na wywołanie wrażenia głębi za pomocą zwykłych, płaskich fotografii. Postępujemy następująco:

Wybieramy jakiś trójwymiarowy, nieruchomy obiekt, na przykład koronę rozłożystego, pozbawionego liści drzewa. Wykonujemy jedno po drugim dwa ostre zdjęcia tej korony, ustawiając aparat w dwóch różnych punktach pozostających w odległości 6–10 cm jeden od drugiego¹. Jest to odległość podobna do odległości naszych oczu. Odbitki tych zdjęć ustawiamy wraz z dwoma lustrami tak, jak pokazano na rysunku.

WIDOK Z GÓRY

zdjęcie lewe

zdjęcie prawe



Sposób na oglądanie obrazów trójwymiarowych z dwóch specjalnie przygotowanych zdjęć

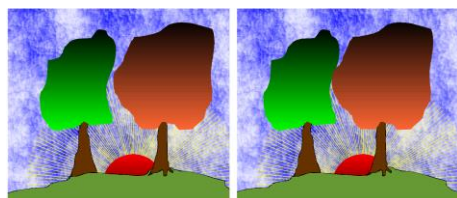
¹ Używa się specjalnych dwuobiektywowych aparatów fotograficznych, które pozwalają zrobić te dwa zdjęcia jednym „pstryknięciem” (a więc równocześnie), ale takiego aparatu zapewne nie mamy.

Patrzemy w lustra i tak manewrujemy zdjęciami, aby nie widzieć podwójnie. W chwili, gdy obrazy nałożą się na siebie, zobaczymy trójwymiarową koronę drzewa.

Na podobnej zasadzie działają dwuokularowe przegładarki do trójwymiarowych przeźroczy.

Istnieje możliwość widzenia trójwymiarowego z wykorzystaniem podwójnego obrazka naniesionego na jedną kartkę papieru. Metoda ta nazywa się „**okiem cyklopa**” i z przyczyn, które staną się jasne za chwilę, pozwala na oglądanie tylko bardzo niewielkich obrazków. Materiał do oglądania przygotowujemy następująco:

Parę nieco różnych obrazków (takich jak te z drzewami i Słońcem), po jednym dla każdego oka, układamy obok siebie na stole w możliwie małej odległości jeden obok drugiego. Tu wykorzystaliśmy obrazki z wcześniejszego rysunku. Oto one:



Obrazki przystosowane do oglądania „okiem cyklopa”

Teraz przychodzi kolej na wyćwiczenie pewnego odruchu a raczej na wyćwiczenie umiejętności przełamania odruchu, który posiadamy. Jest jasne, że patrząc na przedmioty bliskie, nieco zezujemy, a patrząc na dalekie, rozsuwamy źrenice. Przenosząc wzrok z obiektu bliskiego na daleki, musimy dodatkowo zwiększyć ogniskową soczewek w naszych oczach. W naszym mózgu obydwie te operacje są sprzężone ze sobą. Z przyczyn, które zaraz wyjaśnimy, będziemy musieli na potrzeby naszego eksperymentu nauczyć się przełamania tego sprzężenia: zaczynając od „zeza” przy spoglądaniu na książkę, spróbujemy zlikwidować tego zeza (czyli rozsunąć źrenice) i jednocześnie nie utracić ostrości widzenia tego, co jest na papierze. Rzecz wymaga ćwiczeń – niektórym może to na początku zająć nawet kilkadziesiąt minut.

Najlepiej ćwiczyć od razu na parze obrazków². Patrzymy na obrazki ustawione w odległości, z jakiej zwykle czytamy. Na siatkówce każdego oka powstaje obraz obydwu obrazków. Teraz wyobrażamy sobie, że książka jest przezroczysta,

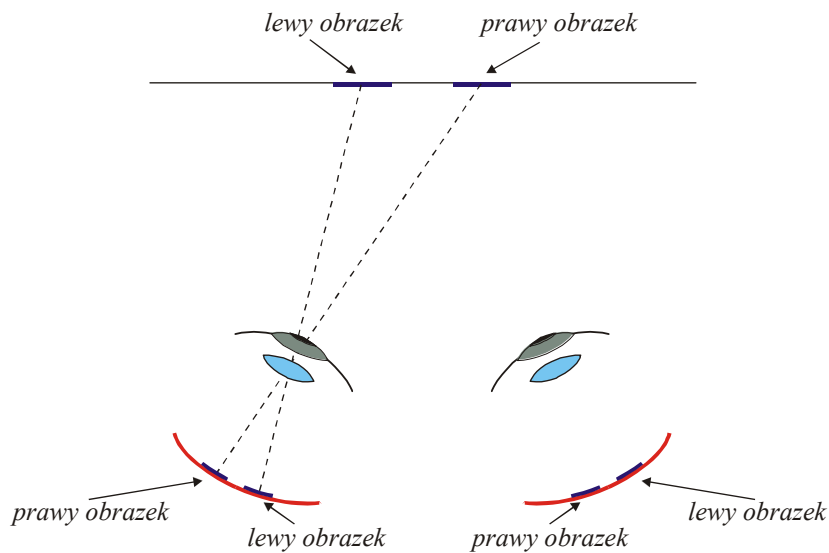
² Jeżeli mamy wadę wzroku i nie widzimy ostro każdym okiem z osobna, to bez okularów doświadczenie się nie uda.

że gdzieś w oddali za (pod) książką dzieje się coś, co chcemy zobaczyć. Nasze źrenice rozsuną się, co będzie miało dwojaki skutek:

1. zaczniemy widzieć podwójnie, czyli z miejsca, w którym jest każdy z dwóch obrazków, zaczną się rozsuwać na boki dwie jego kopie (zobaczymy więc np. cztery słoneczka),
2. obrazki zaczniemy widzieć nieostro.

Brakiem ostrości na razie nie warto się przejmować. Skupiamy uwagę na wewnętrznej parze słoneczek i staramy się, aby utworzyły jedno (nasunęły się na siebie). Po chwili wysiłków na pewno się uda. Gdy środkowe słoneczka pokryją się, widzimy trzy obrazki: dwa skrajne i jeden środkowy, zrobiony z dwóch³. Ten właśnie będzie trójwymiarowy.

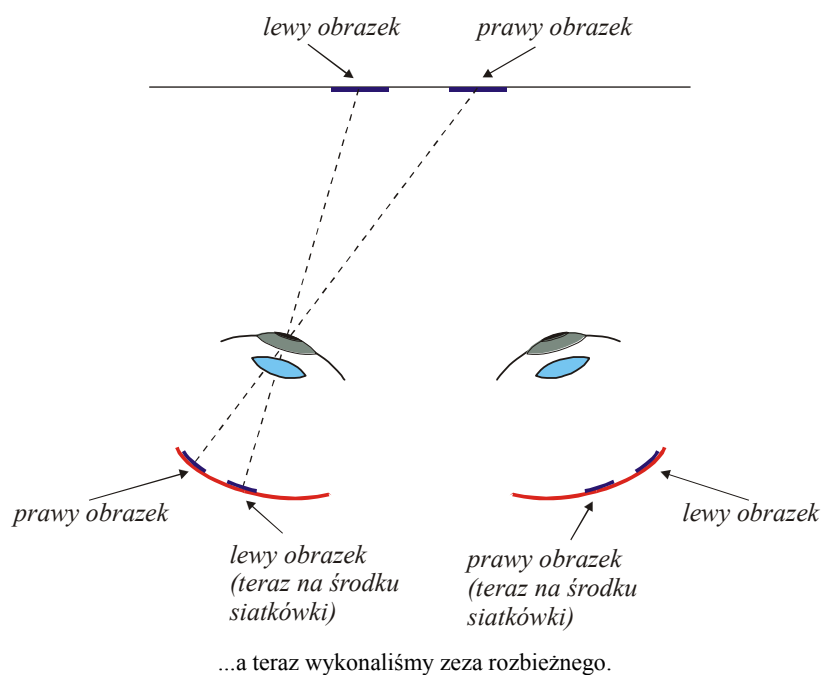
Czas na zrozumienie mechanizmu tego zjawiska. Jaki jest skutek rozsuwania źrenic? Jest jasne, że polega ono na obracaniu obydwoma gałkami ocznymi w kierunku boków twarzy. Sięgnijmy teraz wyobraźnią do wnętrza oczu. Na każdej siatkówce mamy parę obrazków. Jeżeli patrzymy na książkę w zwykły sposób, to obrazki te wypadają na siatkówkach obydwu oczu w miejscach pokazanych strzałkami (na siatkówce obraz jest odwrócony!).



Oglądanie „okiem cyklopa”. Jesteśmy przygotowani do wykonania zezu rozbieżnego...

³ Najczęściej w tym samym momencie następuje wyostrenie obrazu.

Przypomnijmy sobie, że nasz mózg przyzwyczajony jest do kojarzenia odpowiadających sobie miejsc na obydwu siatkówkach. Na przykład środek lewej siatkówki kojarzony jest ze środkiem prawej, czyli nasz mózg przyzwyczajony jest do tego, że to, co widzi środek lewej siatkówki, to jest „ta sama rzecz”, którą widzi środek prawej siatkówki. Wykorzystamy to do oszukania mózgu.



Rozsuwamy źrenice, w wyniku czego w lewym oku środek siatkówki podsuwa się pod lewy obrazek, a w prawym pod prawy. Kiedy to się uda, widzimy trzy obrazki: środkami obydwu siatkówek widzimy obydwie, nieco różniące się wersje obrazków, lewym brzegiem lewej siatkówki widzimy prawy obrazek, prawym brzegiem prawej siatkówki – lewy obrazek. Te dwa ostatnie obrazki wypadają na skrajach pola widzenia i nie zwracamy na nie uwagi; źródłem naszej uciechy jest oczywiście to, co widzą środki siatkówek.

Artykuł jest rozdziałem z podręcznika *Fizyka i astronomia 2. Zakres rozszerzony*.
Wydrukowany dzięki uprzejmości i za zgodą Wydawnictwa Pedagogicznego OPERON.