

W szczególnym przypadku, gdy jeden z wyjściowych stanów jest całkowicie zlokalizowany, np. $|B\rangle$, wtedy $m_B = \infty$ i wzór (5) upraszcza się do $m^* = m_A/\alpha$. Jaki wniosek wypływa z tego prostego wzoru? Otóż w przypadku, gdy elektrony znaczną część czasu przebywają w stanie zlokalizowanym, α jest małe i masa efektywna nośników może być znacznie zwiększona. Na przykład, dla układów ciężkich fermionów, elektrony 99% i więcej czasu spędzają w stanach zlokalizowanych, a tylko 1% lub mniej w stanach rozciągniętych. Wynika stąd, że $m^* \sim 100m_A - 1000m_A$.

Widać więc, że problem ogromnych mas efektywnych może być stosunkowo prosto wytłumaczony. Znacznie trudniej jest wyjaśnić inne własności ciężkich fermionów, takie jak ich niekonwencjonalne nadprzewodnictwo czy magnetyzm. Właśnie te dwie własności powodują, że układy te są intensywnie badane na świecie w ciągu ostatnich lat. Ale to temat na inne opowiadanie.

Teraz kładziemy gruszkę poziomo i powtarzamy eksperyment. Znowu kółko i krzyżyk zamieniły się miejscami. Ale teraz wygląda to tak, jakby lustro zamieniło swoją górę ze swoim dołem, a nie swoją stronę prawą ze swoją lewą. A więc pion fizyczny nie jest tu istotny, lecz położenie osi symetrii gruszki. Tytułowe pytanie „Dlaczego?” staje się bardziej intrygujące.

Odpowiedzi, moim zdaniem, należy szukać w psychofizjologii ludzkiego spostrzegania. Promienie świetlne padają na siatkówkę oka ludzkiego. Zostają odebrane przez ponad 100 milionów komórek receptorowych i przetworzone na impulsy przekazywane do tzw. kory wzrokowej mózgu, gdzie są przetwarzane i interpretowane. Analogicznie działa kamera video sprzężona z komputerem. Kamera przetwarza impulsy świetlne na impulsy elektryczne, wysyłane do komputera. Tam są poddawane obróbce graficznej i przekazywane na monitor. Mózg jednak nie tylko przetwarza otrzymywane obrazy, ale je też interpretuje, np. rozpoznając gruszkę. W szczególności subtelne różnice obrazu na siatkówce lewego i prawego oka są przetwarzane w mózgu na obraz trójwymiarowy z głębią.

Ta umiejętność interpretacji obrazu nie jest człowiekowi dana wraz z urodzeniem. Początkowo niemowlę odróżnia tylko światło od ciemności, dopiero po wielu tygodniach zaczyna uczyć się rozpoznawania kształtów. Interpretacja obrazu rozwija się wraz z rozwojem rozumienia kształtu i wzajemnego położenia widzianych obiektów, wyobraźni przestrzennej i kształtowaniem się pojęć geometrycznych. Rysunki dzieci szalenie frapują artystów; prawdopodobnie wyrażają one jakoś sposób, w jaki mózg dziecka interpretuje spostrzegane obrazy. Jego siatkówka odbiera obraz zapewne tak jak i nasza, ale jego mózg inaczej przetwarza otrzymywane bodźce.

Patrz np. [2], rozdziały o rozwoju spostrzeżeń kolejno w wieku niemowlęcym, ponimowlęcym, przedszkolnym, młodszym wieku szkolnym i w wieku dorastania.

Dlaczego lustro zamienia prawą stronę z lewą, a nie górę z dołem?

Zbigniew SEMADENI

Zagadnienie lustra omawiane było już w *Delcie* czterokrotnie (w numerach 6/1977, 6/1979, 10/1987 i 7/1993), sądzę jednak, że warto dorzucić jeszcze kilka uwag.

Przede wszystkim chciałbym podkreślić, że odpowiedzi na postawione pytanie nie można udzielić opierając się wyłącznie na wiedzy z matematyki i fizyki. Przeprowadźmy następujący eksperyment myślowy (a jeśli ktoś woli – eksperyment prawdziwy). Bierzymy gruszkę (lub bryłę obrotową bez żadnych innych symetrii), zaznaczamy na niej kółko i obok krzyżyk. Stawiamy ją pionowo przed lustrem. Na obrazie gruszki w lustrze kółko i krzyżyk zamieniają się miejscami. Efekt jest taki, jakby lustro zamieniło stronę prawą z lewą, ale nie zamieniło góry z dołem. Matematycznie sprawa jest o tyle jasna, że symetria względem płaszczyzny lustra musi zmieniać orientację na przeciwną. Ale dlaczego właśnie zamienia lewą z prawą? Zmianę orientacji można uzyskać zarówno przez zamianę lewej z prawą, jak i przez zamianę góry z dołem (ale nie przez obie te zamiany razem). Być może pion jest jakoś wyróżniony dla lustra. Pion – to kierunek linii sił pola grawitacyjnego. Czy grawitacja ma jakiś związek z odbiciem promieni świetlnych?

Gdy patrzymy z ukosa na kartkę papieru, widzimy ją w perspektywie. Aby zrozumieć, jaki obraz pada na siatkówkę oka, wyobraźmy sobie ostrosłup, którego podstawą jest obserwowany prostokąt, a wierzchołek znajduje się w środku oka. Obraz padający na siatkówkę otrzymamy – w przybliżeniu – biorąc przekrój tego ostrosłupa płaszczyzną prostopadłą do prostej łączącej wierzchołek ostrosłupa ze środkiem podstawy. Łatwe rozumowanie geometryczne pokazuje, że obraz ten jest wprawdzie czworokątem, ale bynajmniej nie jest prostokątem, a mimo to w mózgu jest interpretowany jednoznacznie jako prostokąt, *bowiem wiemy lub podświadomie zakładamy, że kartka jest prostokątna*. Nawet matematycy bywają zaskoczeni efektem prostego eksperymentu: patrzymy na taki skośnie położony prostokąt (o wyraźnym, ale nie przesadnym skosie), wydają się nam, że widzimy kąty proste, po czym przykładamy do oka ekerkę i przekonujemy się, że dwa z tych kątów widzimy jako ostre, a dwa – jako rozwarte. Podobnie, gdy patrzymy z ukosa na okrąg, do oka dociera kształt elipsy (przekrój odpowiedniego stożka, prostopadły do osi), ale mózg nasz interpretuje to jako okrąg.

Przyłożmy do oka linijkę: okaże się, że linie pionowe (takie jak krawędzie ścian budynku), które wydają się nam równoległe, w rzeczywistości docierają do naszej siatkówki jako nierównoległe. Niby to wiemy, uczyliśmy się o perspektywie, ale możemy być zaskoczeni tym, co widzimy. Nasz mózg automatycznie interpretuje takie linie jako równoległe (podobnie jak obecnie, przy tworzeniu map, komputer przekształca skośnie zdjęcia lotnicze na wyprostowane). Co więcej, matematycy nieraz kwestionują rysunki prostopadłościannu w perspektywie zbieżnej; wolą perspektywę równoległą. Innymi słowy, nieraz za naturalny uważają rysunek bryły nie taki, jak ją widzą, lecz taki, jak ją sobie wyobrażają.

Tego typu obserwacje są podstawą znanych złudzeń wzrokowych, wykorzystywanych m.in. z premedytacją (przez Eschera i innych) do tworzenia nieoczekiwanych efektów i sprzeczności wizualnych.

Warto dodać, że pion jest specjalnie wyróżniony w naszym spostrzeganiu. Hubel ([1], str. 105), pisze, że komórki korowe reagują przede wszystkim na ustawienie bodźca względem pionu, niezależnie od konkretnego położenia bodźca na siatkówce.

Jak wiemy ze szkolnej optyki, obraz na siatkówce jest odwrócony do góry nogami, podobnie jak obraz w aparacie fotograficznym. Nie zdajemy sobie jednak z tego sprawy, bowiem tak było zawsze od urodzenia. Mózg ucząc się interpretowania bodźców wizualnych zawsze miał wszystko odwrócone. Wiele lat temu czytałem, że w jakimś kraju dokonano następującego eksperymentu. Nałożono ochotnikowi specjalne okulary, w których wszystko było widać do góry nogami. Człowiek ten nosił stale te okulary, wolno mu je było zdjąć jedynie w ciemnościach. Nigdy nie miał prawa spoglądać normalnie. Jak się można domyśleć, człowiek ten początkowo miał kłopoty z funkcjonowaniem, w szczególności z chodzeniem, ale stopniowo nabrał wprawy i przyzwyczał się. Coraz łatwiej wykonywał różne czynności. Po wielu miesiącach człowiek ten czuł się zupełnie swobodnie. Celem eksperymentu było przekonanie się, jak się zachowa ten człowiek po zdjęciu tych okularów. Okazało się, że w pierwszej chwili miał on wrażenie, że znowu wszystko jest do góry nogami. Od nowa musiał się przyzwyczajać do patrzenia bez tych okularów.

Podobną nieco sytuację przeżywałem w 1967 roku, gdy przez jakiś czas prowadziłem samochód w ruchu lewostronnym w Szwecji. Było to bardzo specyficzne przeżycie. Po tygodniu moje ruchy już się automatyzowały i potem zacząłem odważać się nawet wyprzedzać inne samochody z prawej strony na szosie. W końcu przyszedł czas na wjazd do Norwegii i musiałem z kolei – z mniejszą już trudnością – przyzwyczajać się do ruchu prawostronnego w Norwegii (wystarczyła na to niecała godzina).

Powszechnie sądzi się, że nie ma żadnego obiektywnego powodu, dla którego ruch prawostronny miałby być właściwszy od lewostronnego lub na odwrót. Wszystko, co istotne w tej sprawie, wydaje się w pełni symetryczne. Pewien Anglik podał mi jednak bardzo istotny argument za ruchem lewostronnym: jeżeli jeździec na koniu lub woźnica trzyma broń po swej prawej stronie, a lejece w lewej ręce, to powinni mieć nadjeżdżających jeźdźców od strony broni.

Wiele osób wykonując czynności przed kamerą telewizyjną i obserwując na bieżąco swoje ruchy na monitorze zauważyło, że bywa to mylące, np. zamiast przesunąć coś w prawo przesuwamy jeszcze bardziej w lewo. Monitor bowiem – w przeciwieństwie do lustra – nie zamienia lewej z prawą. Obraz na monitorze wygląda tak, jakby naprzeciwko nas znajdował się prawdziwy człowiek, a nie obraz odbity w lustrze, do którego jesteśmy przyzwyczajeni.

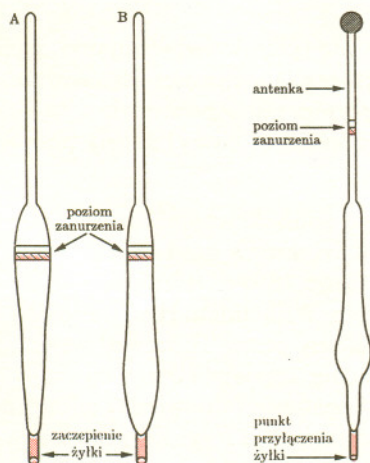
Kamerzyści telewizyjni nieraz muszą objąć daną sytuację z góry, np. przy pokazie manipulowania przedmiotami na stole. Aby nie umieszczać kamery w pionie nad stołem, co byłoby bardzo kłopotliwe, umieszcza się ją poziomo i nagrywa obraz blatu stołu poprzez skośnie zawieszone lustro umieszczone nad stołem. Trzeba potem zamienić prawą i lewą stronę na obrazie, czego dokonuje się elektronicznie.

Po tych dygresjach przejdźmy do obrazu gruszki. Człowiek interpretuje docierający do jego oczu obraz gruszki. Normalną interpretacją jest zachowanie góry i dołu oglądanej gruszki. Wobec tego, z uwagi na zmianę orientacji, widzimy zamianę lewej z prawą, bo to jest taka interpretacja, do jakiej przyzwyczajony jest nasz mózg. Patrząc na obraz gruszki położonej poziomo też podświadomie odnosimy go do gruszki leżącej, obracamy ją jakby w myśli.

Literatura

- [1] David H. Hubel, *Kora wzrokowa w mózgu*, w: *Psychofizjologia*, Biblioteka Problemów, PWN, Warszawa 1971.
- [2] Maria Żebrowska (red.), *Psychologia rozwojowa dzieci i młodzieży*, wyd. ósme, PWN, Warszawa 1977.

Archimedes i szałwik



Rys. 1. Dwa szałwiki
A – marchewkowy,
B – gruszkowy.

Rys. 2. Szałwik o złożonych kształtach.

Jednym z podstawowych elementów wędki jest szałwik. Skuteczność jego działania zależy w istotny sposób od jego kształtu. Na rysunku 1 przedstawiono dwa szałwiki; tak zwany szałwik gruszkowy i marchewkowy. Nazwa pochodzi od kształtu zanurzonej części. Głębokość jego zanurzenia jest regulowana ołowianymi obciążnikami znajdującymi się pomiędzy szałwikiem a haczykiem. Kształt zastosowanego podczas połowu szałwika zależy od gatunku ryby. Niektóre z nich (na przykład leszcz, karp, lin czy ukleja) po pochwytnięciu przynęty wypływają ku powierzchni wody, inne zaś (takie jak płoć i okoń) uciekają w głąb. Kiedy ryba zaczyna „brać”, szałwik powinien stawać możliwie jak najmniejszy opór, tak by wędkarz mógł zaciąć wędką. Rysunek 2 przedstawia szałwik, którego kształt jest złożeniem kształtu marchewkowego z gruszkowym. Przeprowadzone przez autorów doświadczenia wskazują na jego bardzo dużą czułość zarówno w momencie zanurzania, jak i wystawiania (wynurzenia) przez rybę. Metodą prób i błędów tak dobrano wielkość zanurzenia, by przypadowało ono w połowie „antenki” szałwika.

Proponujemy następujący problem do rozważenia przez Czytelników *Delty*: z jakim szałwikiem najlepiej jest łowić ryby wynurzające, a jakim zanurzające się podczas połowu? Jak rozmieszczenie ciężarka (może się on składać z kilku części) wpływa na czułość szałwika?

Kazimierz MIKULSKI i Roman BILECKI