

Jak (nie)działa krążek Newtona?

Marta Juszczyńska, Grzegorz Karwasz

Krążek Newtona to koło, na którym znajdują się barwne segmenty. Barwy, które występują na krążku obejmują podstawowe barwy widma światła widzialnego, czyli tak zwane barwy proste: czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski, indygo i fioletowy. W chwili, gdy obracamy krążkiem Newtona, barwy zlewają się ze sobą i widzimy „barwę” białą. Większość barw, jakie występują w przyrodzie, to barwy złożone, które powstają na przykład w wyniku dodania do siebie przynajmniej dwóch barw prostych. Krążek Newtona jest zatem przykładem addytywności barw.



Rys.1. Krążek Newtona. Zdjęcia różnią się od siebie doborem kolorów.

Za pomocą takiego krążka Newton pokazał, że światło białe jest złożone z fal o różnej długości. Różnobarwne światło, odbierane przez ludzkie oko, jest bowiem falą elektromagnetyczną, która odpowiada wąskiemu przedziałowi długości fal od 380 do 760 nanometra z całego widma fal elektromagnetycznych, które rozciąga się od fal długich (radiowych) mierzonych w kilometrach aż do fal gamma o długościach rzędu 10^{-15} metra. W zakresie tym znajduje się widmo, które obejmują barwy od fioletu (najkrótsze długości fal) do czerwieni (najdłuższe długości fal), jest to tak zwane widmo światła widzialnego.

Nasze oko jest w stanie rozróżnić kolory, gdyż 45% promieniowania pochodzącego ze Słońca przypada na zakres promieniowania widzialnego. W wyniku wielu lat ewolucji oko człowieka przystosowało się więc do odbioru fal elektromagnetycznych o takiej właśnie długości. Oko ludzkie, za pomocą pręcików i czopków, jest w stanie dokonywać analizy barwnej. Pręciki są wrażliwe na stopień jasności, natomiast czopki reagują na światło poprzez absorpcję poszczególnych jego składowych. Pierwsze z nich reagują na światło czerwone (635 nm), drugie na światło zielone (520 nm), a trzecie na światło niebieskie (450 nm). Oko ma swoją rozdzielczość barw, co oznacza, że nie zawsze jest w stanie dostrzec różnice, jakie występują między dwoma barwami o różnym widmie.

Większość barw złożonych, jakie występują w przyrodzie nie powstają w wyniku dodawania barw. Najczęściej w przyrodzie spotykamy się z barwami złożonymi, które powstają w wyniku pochłaniania światła widzialnego. Każdy z nas, w dzieciństwie na lekcjach plastyki,

dowiedział się, że na przykład zmieszanie ze sobą farby niebieskiej i żółtej daje kolor zielony, a zmieszanie farby czerwonej i żółtej daje kolor pomarańczowy. Jest tak, gdyż farba niebieska pochłania światło żółte i czerwone, a farba żółta pochłania światło czerwone i niebieskie. Zatem obie te farby, żółta i niebieska, odbijają światło zielone [1]. Barwa czerwona natomiast pochłania światło żółte i niebieskie. Zatem farby, żółta i czerwona, odbijają kolor pomarańczowy.

Kręcąc krążkiem Newtona nie zawsze obserwujący dostrzeże barwę białą. Głównym powodem takiego zjawiska jest fakt, że barwy występujące na krążku mają źle dobraną intensywność i dobrane są w złych proporcjach, co daje w wyniku barwę różną od barwy białej. Aby otrzymać barwę białą musielibyśmy korzystać z idealnego krążka Newtona.

Doświadczenia z krążkiem Newtona, które polegają na składaniu kilku barw prostych w barwę złożoną, pokazują zasadę działania wielu urządzeń z jakimi spotykamy się w życiu codziennym. Na podobnej zasadzie działają kolorowe telewizory, monitory komputerów, czy rzutniki telewizyjne. Technika DLP (Digital Light Processing) w rzutnikach telewizyjnych tworzy kolorowy obraz w sposób analogiczny jak powstaje barwa biała dla krążka Newtona. Wirująca tarcza z kolorowymi filtrami (czerwonym, zielonym i niebieskim) przed źródłem światła powoduje, że na ekran rzutowane są bardzo szybko następujące po sobie obrazy w tych kolorach, co przez ludzkie oko odbierane jest jako jeden, kolorowy obraz.

Inny sposób mieszania barw stosowany jest w telewizorach kolorowych (tradycyjnych, opartych na tzw. lampie katodowej), monitorach ciekłokrystalicznych LCD (Liquid Crystal Display), ciekłokrystalicznych w telefonach komórkowych, dużych wyświetlaczach ulicznych (te zbudowane z małych diód półprzewodnikowych LED). Wykorzystana tu jest ograniczona zdolność rozdzielcza oka. Punkty, które znajdują się blisko siebie, oglądane z odpowiednio dużej odległości, odbierane są przez oko jako jeden punkt. Biorąc pod uwagę na przykład trzy punkty w barwach czerwonej, zielonej i niebieskiej, oko ludzkie odbierze je jako jeden punkt o barwie wypadkowej zależnej od natężenia trzech barw składowych. Przyglądając się z bliska ekranowi monitora ciekłokrystalicznego zobaczyć można, że obraz złożony jest z punktów położonych blisko siebie.

Zdjęcie monitora

Efekt stroboskopowy

Efekt stroboskopowy występuje, gdy poruszające się ciało zostanie oświetlone światłem migającym. W wyniku tego efektu obserwujemy pozorną zmianę prędkości, zatrzymania się i zmianę kierunku ruchu ciała, poruszającego się ruchem obrotowym. Efekt stroboskopowy możliwy jest dzięki niezdolności siatkówki oka do śledzenia oraz sygnalizowania bardzo szybkich zmian jasności.

Kręcąc krążkiem Newtona w świetle dziennym nie obserwujemy efektów stroboskopowych, ale gdy zakręcimy krążkiem na przykład w oświetleniu lampy neonowej, to efekt ten będzie bardzo wyraźny. Nie zaobserwujemy już jednolitej barwy powstałej w wyniku dużej prędkości obrotów krążka ale coś w rodzaju dwukolorowego krzyża maltańskiego, zob. foto xx. Dzieje się tak dlatego, że światło tzw. lampy „neonowej” (a właściwie *jarzeniowej*, zawierającej głównie pary rtęci, nieco argonu i inne domieszki) jest światłem *migotającym*, tzn. zmieniającym swoje natężenie w rytm zasilania z sieci. Podobnie jak prąd w sieci, lampa jarzeniowa przygasa 100 razy na sekundę (przy zasilaniu 50 Hz). Kolor świecenia lampy jest więc inny kiedy przygasa.

Regulując prędkość obrotową widzimy (przy odpowiednio dobranej prędkości) obraz stacjonarny, albo poruszający się. W miarę regulacji prędkości obrotowej obraz będzie zwalniał, zatrzyma się, a następnie będzie poruszał się w przeciwnym kierunku.

Dzieje się tak, gdyż oko ludzkie postrzega obraz jako płynny, jeżeli częstotliwość kolejnych zmian obrazu będzie równa lub większa od 24 na sekundę. W przeciwnym wypadku obserwujemy migotanie obrazu, jego zwolnienie, zmianę kierunku ruchu, czy zatrzymanie (kiedy prędkość obrotowa będzie równa częstotliwości migotania lampy „neonowej”).

Literatura:

[1] – Janusz Jaglarz, „Wrażenia barwne – jak je mierzyć?”, Foton 89, lato 2005