



Barwy i zapachy

Adam Kleiner

Barwy

Światło jest falą elektromagnetyczną. Fala taka polega na przemieszczających się okresowych zmianach (drganiach) natężeń pól elektrycznego i magnetycznego. Najważniejszymi wielkościami charakteryzującymi falę są:

- częstotliwość, mówiąca, ile razy w ciągu połowy sekundy następują zmiany drgających wielkości na zwrócone przeciwnie (połowa sekundy, bo tzw. okres to dwie takie zmiany: tam i z powrotem; częstotliwość wyraża liczbę okresów w ciągu sekundy);
- natężenie, mówiące, ile energii przenosi fala w ciągu sekundy przez powierzchnię 1 m^2 ustawioną prostopadle do promieni świetlnych.

Większe lub mniejsze natężenie światła odczuwamy jako światło jaśniejsze lub ciemniejsze. W szczególności barwa powierzchni może być jaśniejsza lub ciemniejsza. Zależy to od tego, jak dużo światła padającego odbija powierzchnia (a właściwie rozprasza – rozproszenie to odbicie w przypadkowych kierunkach). Częstotliwość decyduje o kolorze światła.

W rzeczywistości bardzo rzadko mamy do czynienia z pojedynczą falą świetlną. Na ogół jest to mieszanka wielu fal o różnych częstotliwościach (natężenie zwykle określamy sumarycznie).

Światło odbieramy dzięki światłoczułym komórkom siatkówki oka: czopkom i pręcikom. Pręciki umożliwiają widzenie w słabym świetle, ale nie dostrzegamy wtedy kolorów. Czopki mają mniejszą czułość niż pręciki i jest ona rozmaicie uzależniona od częstotliwości. Ludzka siatkówka ma trzy rodzaje czopków. Czopki pierwszego rodzaju są najbardziej czułe na kolor czerwony, czopki drugiego rodzaju – na kolor zielony, a trzeciego rodzaju – na kolor niebieski.

Nie znaczy to, że czopki określonego rodzaju nie reagują na inne barwy. Zwłaszcza barwy pośrednie widzimy dzięki temu, że reagują na nie różne czopki, z różną intensywnością.

Barwa biała to mieszanina fal o różnych częstotliwościach, która pobudza równomiernie wszystkie trzy rodzaje czopków. Barwa szara (o różnych stopniach szarości) również jest taką mieszaniną fal, tylko o mniejszym natężeniu. Jeszcze mniejsze natężenie (teoretycznie: zerowe) to barwa czarna. Te trzy barwy noszą nazwę barw achromatycznych, czyli niekolorowych.

Barwę białą ma światło słoneczne, które jest mieszaniną fal świetlnych o wszystkich częstotliwościach, choć nie o jednakowym natężeniu. Wrażenie barwy białej można uzyskać, wytwarzając mieszaninę fal, która będzie pobudzać czopki w taki sposób, jak robi to światło słoneczne. Muszą więc być obecne (w odpowiednich proporcjach natężeń) częstotliwości pobudzające każdy rodzaj czopków.

Wykorzystuje się to w systemach wytwarzania barw, z których najpopularniejszymi są RGB i CMYK.

System RGB

Nazwa systemu wywodzi się od angielskich nazw kolorów używanych w nim w roli kolorów podstawowych: Red (czerwony), Green (zielony) i Blue (niebieski). Ten system jest stosowany między innymi w telewizorach, monitorach komputerowych, skanerach i cyfrowych aparatach fotograficznych. Wrażenie barw innych niż podstawowe uzyskuje się przez łączenie dwóch lub wszystkich trzech barw



podstawowych w różnych proporcjach. Dla najbardziej intensywnych kolorów wystarcza jedna lub dwie barwy podstawowe (ich proporcja decyduje o odcieniu uzyskanej barwy, a sumaryczna jasność – o jasności barwy). Dołączenie trzeciej barwy zmniejsza nasycenie – niskie nasycenie to kolor „rozwodniony”, czyli z domieszką bieli.

Jest to tak zwana addytywna (to znaczy oparta na dodawaniu) synteza barw.

Czasem pada pytanie, jak uzyskuje się kolor brązowy. Strona internetowa pt. *HTML – Tabela Kolorów RGB* wskazuje, że należy dać dość dużo czerwonego i w mniejszych (jednakowych) ilościach niebieski z zielonym.

System CMYK

W drukarstwie stosuje się subtraktywną syntezę barw, to znaczy opartą na odejmowaniu. Każda z użytych farb drukarskich pochłania fale świetlne o pewnych częstotliwościach, a inne przez nią przechodzą i papier je odbija. Tak więc ze światła padającego są odejmowane niektóre składowe barwne. Jeśli w tym samym miejscu zastosujemy dwie farby, zostaną pochłonięte te fale, które pochłania jedna farba, i te, które pochłania druga – reszta zostanie odbita.

W tym systemie stosuje się farby o następujących angielskich nazwach kolorów:

- Cyan (wym. *sajen*; w Polsce bywa używana wymowa *cyjan*) to jasny odcień koloru niebieskiego (niektórzy niesłusznie twierdzą, że niebieskozielony);
- Magenta (dosłownie oznacza roślinę – fuksję, ale częściej używa się w Polsce określenia magenta) to kolor pośredni między różowym a lila;
- Yellow – żółty.

Teoretycznie użycie wszystkich tych farb powinno dać barwę czarną. W rzeczywistości na ogół uzyskujemy brązową, dlatego używa się jeszcze czwartej farby – czarnej: Black. Ostatnia litera tego słowa jest użyta w nazwie systemu (dla uniknięcia kolizji z B oznaczającym Blue). Niektórzy kojarzą „K” z wyrażeniem „key colour” (kolor kluczowy).

Zapachy

Zapach odczuwamy dzięki temu, że cząsteczki lotnych substancji (gazów lub par) unoszące się w powietrzu dostają się do naszych receptorów węchowych. Cząsteczki te pobudzają receptory, przy czym istotną rolę w pobudzaniu jednych, a niepobudzaniu innych receptorów odgrywa kształt i rozmiar cząsteczki.

Aby cząsteczki zapachowe mogły pobudzić nasze receptory węchu zlokalizowane w nosie, muszą się do niego dostać wraz z wdychanym powietrzem.

Z powierzchni substancji, która pachnie, oddzielają się cząsteczki zapachowe, które następnie wędrują w powietrzu. Przyczyną tej wędrówki, zwanej dyfuzją, są zderzenia z cząsteczkami powietrza. Wszystkie cząsteczki, powietrza i wszelkich innych ciał, wykonują ruchy związane z temperaturą: im wyższa temperatura, tym ruchy intensywniejsze (w temperaturze zera bezwzględnego, czyli $-273,15^{\circ}\text{C}$ ruchy te zanikają). Przykładowo cząsteczki tlenu i azotu w temperaturze pokojowej mają szybkość średnią około 500 m/s. Szybkość cząsteczek jest odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka z masy cząsteczkowej: cząsteczka o dziewięć razy większej masie będzie miała przy danej temperaturze trzy razy mniejszą szybkość; cząsteczki zapachowe są cięższe od cząsteczek tlenu czy azotu (na ogół nawet znacznie cięższe), więc ich szybkości są mniejsze, ale mimo wszystko duże.

Nie znaczy to jednak, że zapachy rozprzestrzeniają się z taką szybkością, z jaką poruszają się



cząsteczki. Cząsteczki zderzają się jedne z drugimi, przez co kierunek ich ruchu co chwilę się zmienia. Te ruchy w przypadkowych kierunkach dają wypadkowy ruch znacznie wolniejszy. Dokładniej: nieliczne cząsteczki mają dużą wypadkową szybkość ruchu, nieco więcej cząsteczek ma pośrednią szybkość, a najwięcej ma bardzo małą szybkość ruchu wypadkowego.

To dlatego zapach czujemy przeważnie najsilniej tuż przy substancji, która go wydziela, i tym słabiej, im dalej od niej jesteśmy. Z tej samej przyczyny zapach w pewnej odległości od jego źródła jest początkowo słaby, a z czasem staje się silniejszy (w warunkach braku przewiewu).

Na przypadkowe ruchy dyfuzyjne może się oczywiście nakładać ruch masy powietrza jako całości, czyli przewiew. O wpływie przewiewu na rozchodzenie się zapachów wiedzą nawet zwierzęta drapieżne i dlatego podchodzą do swojej ofiary od strony zawietrznej. Zmniejsza to szansę dotarcia zapachu napastnika do ofiary, co byłoby dla niej ostrzeżeniem. Dokładniej: zapach może rozprzestrzeniać się pod wiatr, ale jest wtedy bardzo słaby, gdyż do odbiorcy docierają tylko te cząsteczki zapachowe, które w długim przedziale czasu mają średnią prędkość dyfuzji większą od szybkości wiatru i odpowiednio zwróconą.

Uzupełnienia

Przygotowując prezentację, można dołączyć samodzielnie zebrane informacje:

- co to jest ultrafiolet i podczerwień;
- o rozmieszczeniu czopków i pręcików w oku (których jest więcej, czy są rozmieszczone równomiernie);
- wykresy czułości czopków w funkcji częstotliwości lub długości fali (jeśli długości fali, to podać jej związek z częstotliwością);
- o teoriach dotyczących sposobów pobudzania receptorów węchowych przez cząsteczki;
- rysunek przedstawiający przykładowy tor ruchu cząsteczki gazu wynikający z jego temperatury.

Źródła

<http://www.statom.pl/HTML/kolory.html>

Wikipedia

Wybieram fizykę. Zakres rozszerzony z fizyki dla szkół ponadgimnazjalnych. Część 2, pod red. J. Salach, ZamKor, Kraków 2006.