

Tęcza ma nieskończenie wiele barw, które płynnie przechodzą jedna w drugą. Skąd więc często powtarzane stwierdzenie, że kolorów w tęczy jest siedem? Sprawa okazuje się bardziej skomplikowana, niż się na ogół wydaje.



## Rozwiązanie zadania F 1018.

Podczas ślizgania się kół na każde z nich działa stała siła tarcia  $F$ . Moment tej siły zwiększa prędkość kątową  $\omega$  obrotu koła od zera do wartości  $v_k/R$ , gdzie  $R = d/2$  i oznacza promień koła, a  $v_k$  końcową prędkość samolotu. Na samolot działa suma sił pochodzących od obu kół i spowalniających jego ruch. Zmiany prędkości kątowej  $\omega$  kół i prędkości samolotu  $v$  z upływem czasu  $t$  opisuje układ równań:

$$I \frac{d\omega}{dt} = RF,$$

$$M \frac{dv}{dt} = -2F.$$

Rozwiązaniem tego układu są:

$$\omega = \frac{RFt}{I},$$

$$v = v_0 - \frac{2FR^2t}{M}.$$

Z warunku  $\omega_k = v_k/R$  możemy wyznaczyć czas  $t_k$ , po którym koła będą toczyły się bez poślizgu:

$$t_k = \frac{v_0}{F \left( \frac{R^2}{I} + \frac{2}{M} \right)}.$$

Zmiana pędu równa jest tu iloczynowi stałej siły  $-2F$  przez czas jej działania  $t_k$ , co prowadzi do związku

$M(v_k - v_0) = -Ft_k$  i ostatecznie:

$$v_k - v_0 = \frac{2v_0}{2 + \frac{mR^2}{I}}.$$

Po podstawieniu danych liczbowych otrzymujemy  $v_k - v_0 \approx -3,9$  km/godz.

\*Przekonująco przedstawia ją Guy Deutscher w książce „Through the Language Glass, Why the World Looks Different in Other Languages”.

\*\*O tym, że kolory można różnie klasyfikować w zależności od języka, świadczy też swojski przykład fioletowego warzywa, zwanego po polsku „czerwoną kapustą”. Po śląsku jest to „modro kapusta”, czyli dosłownie „niebieska kapusta”.

Autor dziękuje ks. dr. hab. Stanisławowi Adamiakowi z Wydziału Teologicznego UMK za konsultacje.

## Starożytność i średniowiecze

Zacznijmy od poglądu błędnego, ale często powtarzanego, że o siedmiu barwach tęczy mowa jest w Biblii. W rzeczywistości, choć tęcza wspomniana jest tam sześć razy, ani razu nie pojawia się wzmianka o liczbie jej kolorów. Poszukajmy więc innych dawnych źródeł. W „Meteorologii” Arystotelesa tęcza ma trzy kolory: czerwony, zielony i fioletowy. Te trzy kolory cytuje potem święty Bazyli Wielki, który na przykładzie tęczy wyjaśnia tajemnicę Trójcy Świętej, czyli wielość w jedności. Z kolei we wczesnośredniowiecznym traktacie „De natura rerum”, autorstwa innego świętego, Izydora z Sewilli (patrona Internetu), czytamy, że tęcza ma cztery kolory. I to jakie cztery! „Od nieba bierze kolor ognisty, od wody purpurowy, od powietrza biały, a od ziemi czarny”. Liczba kolorów u Izydora nie wynika więc z obserwacji, ale z rozważań teoretycznych: barwy są cztery, jak cztery żywioły, czyli cztery pierwiastki, z których według ówczesnej wiedzy miał być zbudowany świat. Gdy przyjrzymy się średniowiecznej sztuce, zobaczymy tęcze w najróżniejszych, czasem zupełnie fantastycznych barwach, których liczba jest najmniejszym problemem. O zgrozo, także tęczowe aureole Maryi nie należały do rzadkości.

## Newton i jego nuty

Od kiedy więc zaczęto mówić, że tęcza ma siedem barw? Otóż pomysł ten pochodzi od Izaaka Newtona, a konkretnie z najgorszej chyba jego teorii, czyli teorii kolorów. Zaskakująca jest motywacja uczonego – chodziło mu mianowicie o analogię z dźwiękami gamy. Podobieństwo wzięło się stąd, że kolor fioletowy zwykle traktujemy jako pośredni między niebieskim a czerwonym, a zatem widmo światła (widzialnego) można przedstawić w postaci zamkniętej pętli czy też koła. A tak właśnie jest w gamie: po „si” następuje znowu „do”. Newton oczywiście nie wiedział, że analogia barw i tonów ma fizyczne podstawy. Światło uważał on za strumień cząstek, a nie za falę, nie rozważał więc częstotliwości światła. Najzabawniejsze jest to, że światło widzialne rzeczywiście zajmuje mniej więcej oktawę w widmie, to znaczy, że górna granica odpowiada częstotliwości około dwa razy wyższej niż dolna. Dopasowanie faktów do teorii może przypominać pomysł Izydora z czterema kolorami tęczy. Newton jednak po pierwsze wymieniał kolory rzeczywiście występujące w tęczy, a nie czarny i biały, a po drugie rozumiał, że widmo jest ciągle – mówił o stopniowym przechodzeniu jednych odcieni w inne.

## Widzimy to, co umiemy nazwać

Wiemy już, skąd siedem kolorów. Choć dla wielu z nas wskazanie tych siedmiu byłoby problemem, to chyba wszyscy uznamy, że jest ich więcej niż trzy podane przez Arystotelesa. Czy ten skądinąd dobry obserwator przyrody naprawdę nie widział żółtego ani niebieskiego? Otóż prawdopodobna jest hipoteza, według której jednym z czynników jest... język ojczysty patrzącego\*. Odróżniamy przecież „różny kolor” od „różnego odcienia” i jeśli nawet widzimy w książce widmo na ilustracji na szerokość całej strony, to i tak uznajemy „zielony” za jeden kolor, choćbyśmy umieli odróżnić kilka odcieni tej barwy. Tymczasem granice między kolorami są ustalone różnie w różnych językach\*\*.

## Widzimy to, co powinniśmy zobaczyć

A dlaczego dzisiaj tak wiele osób widzi siedem kolorów tęczy, choć na ogół trudno się ich dopatrzeć, a w życiu codziennym nikt nie używa nazwy „indygo”? Po prostu wiemy, że powinno ich tyle być. Uczyliśmy się o tym jeszcze w przedszkolu, choćby z wierszyka Konopnickiej. Przypomina mi się tu autentyczna historia niezwiązana z tęczą, ale związana z dostrzeganiem tego, czego się spodziewamy. Otóż na pewnej wycieczce pieszej natrafiłszy na rzekę zagradzającą nam drogę. Jak to możliwe, że nie zauważyliśmy przeszkody, planując trasę? Przecież niebieska wstążka wiła się w poprzek naszej mapy, a mapę ową czytaliśmy w wyjątkowo kompetentnym gronie: nauczycielka geografii, historyk, podharcmistrzyni ZHP i autor rozdziału o mapach w podręczniku do matematyki. Otóż wiedzieliśmy, że planujemy wycieczkę na Pustynię Błędowską. Jasne więc, że nie widzieliśmy rzeki, bo takowej nie powinno przecież być na pustyni.