

## Widma spektroskopowe gwiazd

Światło, które dociera do nas z gwiazd (i szerzej – galaktyk), ma dokładnie tę samą właściwość. Mimo że dla naszych oczu wydaje się być białe, tak naprawdę składa się z wielu różnych barw. Wykorzystując narzędzia zwane spektroskopami, astronomowie potrafią rozbijać blask gwiazd na jego składowe i mierzyć, ile światła dociera do nas od każdego koloru. Takie „rozbite” światło nazywamy **widmem spektroskopowym**. Obserwacje widm zawierają bardzo dużo informacji nie tylko o gwiazdach, ale także o ich otoczeniu. W związku z tym są szeroko wykorzystywane w astronomii.

Jak wyglądają widma gwiazd i galaktyk w zakresie promieniowania widzialnego? Jak tęcza, ale taka, w której niektóre kolory są jaśniejsze, a niektóre zupełnie „wycięte”. Położenie jasnych i ciemnych obszarów zmienia się w zależności od rodzaju gwiazdy lub galaktyki. Dlaczego? Każdy pierwiastek układu okresowego świecąc, tworzy w widmie serię jasnych linii o różnych kolorach (emituje

**Widmo spektroskopowe światła widzialnego** – szerzej znane jest jako... tęcza. Na pozornie białe światło słoneczne składa się cała paleta barw – od czerwonego do fioletowego. Ale czym tak naprawdę są te kolory? To sposób, w jaki nasz mózg interpretuje różne długości fali promieniowania elektromagnetycznego (światła). Czerwony kolor to najdłuższe fale, jakie potrafi rejestrować nasze oko, a fioletowy to te najkrótsze.

fotony tylko o określonych długościach fali) – tzw. **linie emisyjne**. Ten sam pierwiastek, pochłaniając światło, pozostawi czarne linie w tych samych miejscach widma – tzw. **linie absorpcyjne**. Najważniejsze jest jednak to, że położenie linii emisyjnych (i absorpcyjnych) w widmie jest unikalne i niezmiennie dla każdego z pierwiastków. Oznacza to, że linie emisyjne reprezentujące wodór nigdy nie będą wyglądały jak te dla helu, który nigdy nie będzie wyglądał jak węgiel czy żelazo itd. Dlatego w zależności od położenia linii emisyjnych astronomowie są w stanie dokładnie określić skład chemiczny każdej z obserwowanych gwiazd. Z kolei na podstawie analizy linii absorpcyjnych można wyznaczyć skład chemiczny gazu znajdującego się w jej otoczeniu (pomiędzy nami a gwiazdą). Ale to nie wszystko, dzięki intensywności linii emisyjnych mogą też zmierzyć temperaturę i gęstość materiału, z jakiego zbudowana jest gwiazda. A dzięki szerokości tych linii określić, jak szybko się obraca.

Anna DURKALEC

## Przesunięcie ku czerwieni – redshift

Już od XIX wieku wiadomo, że każdy pierwiastek układu okresowego emituje i absorbuje światło tylko na określonych długościach fali (patrz artykuł powyżej). Astronomowie zauważyli jednak, że dla gwiazd i galaktyk linie widmowe często są **przesunięte** w stosunku do tych laboratoryjnych, mimo że odległości pomiędzy poszczególnymi liniami pozostają niezmiennie. Dla większości galaktyk przesunięcie to następuje w kierunku dłuższych długości fali, czyli w stronę koloru czerwonego. Dlatego zjawisko to nazwano **przesunięciem ku czerwieni (redshift)**. W astronomii często jest oznaczane literą *z*.

Skąd bierze się to przesunięcie? Zapewne słyszałeś o efekcie Dopplera – zmianie częstotliwości fali (jednocześnie długości fali) zależnej od tego, czy jej źródło oddala się, czy zbliża do obserwatora. Światło rozprzestrzenia się jako fala, więc ulega temu zjawisku. Gdy źródło oddala się od obserwatora, fala świetlna ulega rozciągnięciu, przez co odbierana jest jako bardziej czerwona oraz bardziej niebieska, gdy obiekt się zbliża. W normalnych warunkach, na co dzień, nie jesteśmy w stanie rozpoznać tych różnic, ponieważ prędkość światła jest zbyt duża w stosunku do prędkości źródeł światła i odległości, jakie fala świetlna ma do pokonania.

Wszechświat jest jednak ogromny, a odległości pomiędzy obiektami astronomicznymi i ich prędkości są niewyobrażalnie duże. Dlatego zmiana długości fali (koloru) może być znacząca i łatwa do zmierzenia. Oczywiście, taki pomiar nie sprowadza się do stwierdzenia, że gwiazda jest bardziej czerwona (lub niebieska) niż powinna. To, co astronomowie mierzą, to przesunięcie linii emisyjnych i absorpcyjnych w widmach spektroskopowych w stosunku do ich laboratoryjnych położzeń. Dzięki temu jesteśmy w stanie dokładnie obliczyć prędkość gwiazd względem Ziemi. Pomiar taki jest niesamowicie precyzyjny i pozwala zaobserwować nawet najmniejsze zmiany prędkości, spowodowane np. istnieniem egzoplanet krążących wokół gwiazdy.

Pomiary przesunięcia ku czerwieni wykorzystuje się również przy większych odległościach. Wykonane pomiary redshiftu dla galaktyk pokazały, że te oddalają się od nas w zawrotnym tempie, co związane jest z rozszerzaniem się Wszechświata. Im galaktyka bardziej odległa, tym szybsza jest jej ucieczka; w rezultacie – coraz silniejsze jej przesunięcie ku czerwieni (większy/silniejszy redshift). Jego pomiar pozwala nam więc określać, z jakiego okresu ewolucji Wszechświata dociera do nas światło obserwowanej galaktyki. Na przykład przesunięcie ku czerwieni galaktyk znajdujących się w naszym najbliższym otoczeniu to  $z = 0$ , podczas gdy dla najdalszej zaobserwowanej galaktyki – GN-z11 – wynosi ono  $z = 11,1$ . To oznacza, że obserwujemy ją taką, jaka była zaledwie kilkaset milionów lat po Wielkim Wybuchu.

Anna DURKALEC

Efekt Dopplera dla fal dźwiękowych jest łatwo obserwowalny, np. dla jadącej na sygnale karetki pogotowia. Gdy pojazd się do nas zbliża, ton syreny jest wysoki (krótsza fala), po czym zmienia się na niższy (dłuższa fala), gdy pojazd zaczyna się oddalać.

Ziemia krąży wokół Słońca z prędkością ok. 107 000 km/h. Ale to jeszcze nic! Andromeda zbliża się do naszej galaktyki z prędkością około 396 000 km/h.