

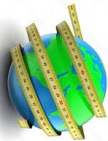
obraca się wokół Słońca (patrz rysunek po lewej), znalazłby jedyne straconki odległości od Słońca do Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna, a nie odległości bezwzględne do nich.

2

Odległości astronomiczne nie mogą być mierzone linijką ani taśmą. Potrzeba sztuczek. 2200 lat temu, grecki astronom Eratostenes, oszacował promień słonecznych między Syene i Aleksandrią. Niedługo potem, w Aleksandrii, Arystaroh z Samos wyznaczył odległość do Księżycyca, mierząc czas trwania zaćmienia Księżycyca przez Ziemię. Pozwoliło mu to oszacować, że średnica Ziemi jest trzykrotnie większa od średnicy Księżycyca (w rzeczywistości 3,7 raza), a tym samym wydedukować średnicę Księżycyca, wykorzystując rozmiar Ziemi podany przez Eratostenesa.

Znając średnicę Księżycyca i jego rozmiar kątowy, mógł obliczyć odległość. W 1543 roku, kiedy Kopernik ogłosił, że Ziemia

obraca się wokół Słońca (patrz rysunek po lewej), znalazłby jedyne straconki odległości od Słońca do Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna, a nie odległości bezwzględne do nich.



obraca się wokół Słońca (patrz rysunek po lewej), znalazłby jedyne straconki odległości od Słońca do Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna, a nie odległości bezwzględne do nich.

- Słońca: 80 minut
- Proxima Centauri: 42 lata
- Vega: 250 lat
- Galaktyki Andromedy: 25 milionów lat.
- Galaktyk z gromady w Pannie: 540 milionów lat.

Ile czasu zajmie mu dotarcie do:



Odpowiedzi

Turnazanie: Natalia Zywucka-Hejzner
TUMIP Creative Commons



Aby dowiedzieć się więcej o tej serii, jak również samiej zaprezentowanej tu tematyce odwiedź stronę: <http://www.tumip.org>

5

Starożytni wiedzieli, jak oszacować promień Ziemi i jej odległość od Księżycyca (patrz strona obok), ale nie odległość od Słońca, wynoszącą 150 milionów km. Odległość ta nazywana jest jednostką astronomiczną (AU). W tamtym czasie ludzie myśleli, że Słońce jest bliżej. Myśleli też, że gwiazdy są bardziej odległymi „słońcami”, ale nie zdawali sobie sprawy z ich odległości. I że ich światło potrzebuje wielu lat, aby do nas dotrzeć. Z tego powodu jako jednostkę odległości używamy „roku świetlnego” (ly) - odległości pokonanej przez światło w ciągu jednego roku, czyli 9,46 miliarda km!

Dzisiejsze obserwacje dają nam dostęp do coraz większych odległości - do milionów ly - dzięki możliwości wykorzystania dłużych teleskopów naziemnych oraz kosmicznych.

(Źródło: ESA)

Zdjęcie na pierwszej stronie książki to artystyczne przedstawienie satelity Gaia, który dokonał pomiaru milionów odległości do gwiazd i galaktyk.

Ta książeczka została napisana w 2020 r. przez Christiane Vilain (Obserwatorium Paryskie) i przejrzana przez Grażynę Stasińską (Obserwatorium Paryskie) oraz Stran Kurutz (UNAM, Meksyk). Należy Christiane znania w trakcie redagowania niniejszej książki.

Wszelkświat w mojej kieszeni Nr 15

Przesunięcie ku czerwieni

Analiza widmowa światła gwiazd ujawnia ciemne linie spowodowane absorpcją światła przez pierwiastki chemiczne obecne w zewnętrznych warstwach gwiazd (patrz TUMIP 2 i 10).

W 1914 roku Vesto Slipher zauważył, że ciemne linie w widmach galaktyk zostały przesunięte w kierunku czerwieni. To przesunięcie zostało zinterpretowane jako „efekt Dopplera”: częstotliwość i kolor fall są modyfikowane przez

prędkość źródła. Efekt ten jest podobny do wpływającego na dźwięk klaksonu, mający wyższy ton, gdy pojazd się zbliża, i niższy, gdy się oddala. Czerwone światło ma niższą częstotliwość i wskazuje na prędkość wycofywania się: galaktyki zdają się „uciekać” przed nami

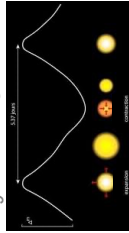
W 1929 roku Edwin Hubble oszacował odległości 46 galaktyk przy użyciu cefeid i wykazał, że ich przesunięcia ku czerwieni rosną wraz z odległościami.

11



Na początku XX w. amerykańska astronom Henrietta Leavitt (1868-1921) zaobserwowała, że niektóre gwiazdy mają zmienną jasność z regularnym okresem (patrz rysunek poniżej). Po raz pierwszy zaobserwowała je w konstelacji Cefeusza, więc nazywa się je Cefeidami. Później zaobserwowała podobne gwiazdy w naszych sąsiednich galaktykach - Obłokach Magellana. Ich okres jasności zależał od jasności gwiazdy, którą można obliczyć zakładając, że wszystkie gwiazdy znajdują się w tej samej odległości od ich galaktyka macierzysta. Chociaż jej szef, Edward Pickering, próbował ją zniechęcić, Henrietta nie ustępowała, wykryła prawie 2 tysiące zmiennych cefeid i była w stanie wydedukować proporcjonalność między okresem a jasnością. Umiała zaniżyć się zorientowała, jak ważne było jej odkrycie.

W 1914 roku Vesto Slipher zauważył, że ciemne linie w widmach galaktyk zostały przesunięte w kierunku czerwieni. To przesunięcie zostało zinterpretowane jako „efekt Dopplera”: częstotliwość i kolor fall są modyfikowane przez prędkość źródła. Efekt ten jest podobny do wpływającego na dźwięk klaksonu, mający wyższy ton, gdy pojazd się zbliża, i niższy, gdy się oddala. Czerwone światło ma niższą częstotliwość i wskazuje na prędkość wycofywania się: galaktyki zdają się „uciekać” przed nami



6



Po lewej teleskop Mount Wilson, używany przez Edwina Hubble'a. W 1929 roku Hubble pokazał, że prędkość galaktyk rośnie wraz z odległością od nas. Hubble nie był pierwszym, który zauważył ten związek. Ojciec George Lemaitre, belgijski astronom i kosmolog, zasugerował, że przesunięcia ku czerwieni galaktyk są proporcjonalne do ich odległości. Stała Hubble'a-Lemaitre'a, która mówi, jak bardzo prędkość recession galaktyk rośnie z każdym Mpc odległości od nas, została po raz pierwszy oszacowana na około 500 km/s na Mpc (1 Mpc = milion pc, 1 pc = 3,26 ly), ale od lat 50. znacznie lepsze szacunki dają liczbę od 50 do 100 km/s na Mpc. Obecnie szacuje się, że wynosi ona 75 km/s na Mpc, z niepewnością 2%.

Jednak dane z satelity Planck, oparte na podjęciu kosmologicznym, podają wartość $67,4 \pm 0,5$ km/s na Mpc.

10

Cefeidy

Światło gwiazd dociera do nas osłabione o współczynnik równy kwadratowi odległości gwiazdy. Byłby to sposób na określenie ich odległości, gdybyśmy znali ich właściwą jasność.

Dlatego odkrycie Henrietty Leavitt było tak ważne. Gwiazdy zmienne tego typu, jakie odkryła w konstelacji Cefeusza i Obłokach Magellana, znajdują się również w innych galaktykach. Okres ich zmienności wskazuje na ich właściwą jasność, dzięki czemu możemy określić ich odległość.

Takie gwiazdy można dziś wykryć w odległości do 80 mln ly za pomocą Kosmicznego Teleskopu Hubble'a, uruchomionego w 1990 roku.

7