



Galaktyka Andromedy, widoczna gołym okiem na półkuli północnej jako rozproszona plama, znajduje się w odległości dwóch milionów ly



Galaktyki są pogrupowane w gromady zawierające tysiące galaktyk w odległości setek milionów ly (zdjęcie ESO).

8



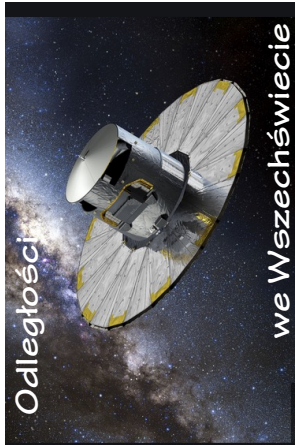
Nasza Galaktyka, widoczna w klarowną noc jako mleczna ścieżka na niebie, ma 103 000 ly długości. Nasze Słońce leży około 27 000 ly od centrum galaktyki (zdjęcie ESO).

Nasza Galaktyka, widoczna w klarowną noc jako mleczna ścieżka na niebie, ma 103 000 ly długości. Nasze Słońce leży około 27 000 ly od centrum galaktyki (zdjęcie ESO).

Mgławice a galaktyki

W 1900 roku nie było jeszcze wiadomo o istnieniu innych galaktyk od naszej Drogi Mlecznej. Zaobserwowano „mgławicowe” plany świetlne i uznano je za obiekty wewnętrznej naszej Galaktyki. To założenie zostało zakwestionowane przez Hebera D. Curtis’a w 1920 r. w „wielkiej debacie” między nim a Harlowem Shapleyem. Ryzyknie, czy te „mgławice” należą do naszej Galaktyki, pozostawało otwarte, dopóki nie było możliwe określenie ich odległości dzięki metodzie cefeid, a później za pomocą przesunięć linii widmowych (patrz Tuimp 2) uzyskanych przez analizę rozszczepionego światła gwiazd przez przyzmaty lub siatki dyfrakcyjne.

9



Odległości

we Wszechświecie



Christiane Vilain
Observatorium Paryskie

Wszechświat w mojej kieszeni

Zgadywanka

Założmy, że mamy statek kosmiczny zdolny do podróży z prędkością jednej dziesiątej prędkości światła ...



- Ile czasu zajmie mu dotarcie do:
- Słońca?
 - Proxima Centauri?
 - Vegi?
 - Galaktyki Andromedy?
 - Galaktyk z gromady w Pannie?

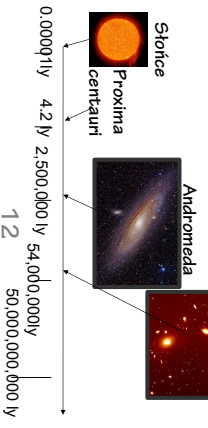
Odpowiedzi na odwrocie

Wszechświat

Galaktyki uciekają szybciej, jeśli są bardziej oddalone. Uogólniając tę relację, ugruntowaną i zaakceptowaną przez społeczność naukową po 1929 roku, przesunięcie ku czerwieni jest miarą odległości odleglejszych obiektów, w których nie można już obserwować cefeid lub supernowych typu I.

Astronomowie nie używają roku świetlnego jako jednostki odległości do najblżej odległych galaktyk lub kwazarów. Używają przesunięcia ku czerwieni, oznaczonego literą z, a jego wartość odpowiada ułamkowej zmianie długości fali w obserwowanym widmie. Przesunięcie ku czerwieni większości galaktyk w gromadzie w Pannie mieści się w zakresie od 0.5 do 1, podczas gdy dla najbardziej odległej znanej dotychczas galaktyki wynosi 1 1.09.

13



Odległość od Księżycyca, początek naszej podróży na krańce Wszechświata, jest dziś lepiej znana dzięki laserom, które wysyłała brycki światła odbijanego przez lusterka umieszczone na Księżycu podczas misji Apollo. Użytkujemy w ten sposób bardzo dokładny pomiar odległości naszego naturalnego satelity, a tym samym odległości do planet Układu Słonecznego. W użyciu jest szereg metod: najpierw paralaksy, potem cefeidy. Gdy cefeid nie można już dostrzec, używa się bardziej świecącej obiektów, takich jak supernowe typu I. Ta seria metod, to kosmologiczna „drabina odległości”, w której każdy szczebel drabiny oparty jest na poprzednim szczeblach Gromada galaktyk Panna

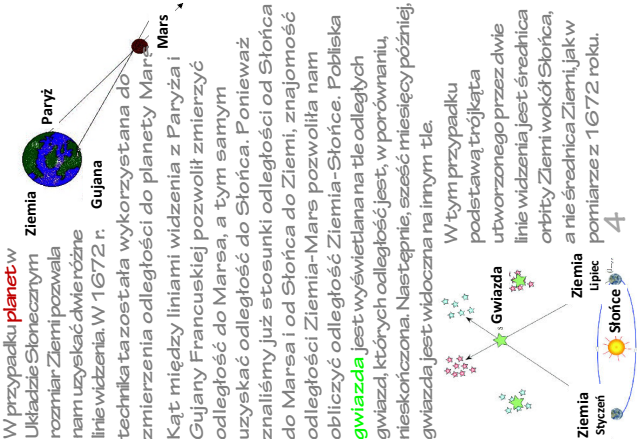
Pomiary geometryczne

Obserwując tę samą gwiazdę z dwóch różnych miejsc, otrzymujemy trójkąt, którego podstawa i dwa kąty są znane, co pozwala nam poznać odległość do gwiazdy.

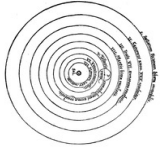
„Paralaksa” to kąt wierzchołkowy trójkąta, którego podstawa jest promień orbity Ziemi.

Najbliższa gwiazda, Proxima Centauri, jest odległa o 4,2 ly, co implikuje paralaksę wynoszącą tylko 0,74 sekundy łuku ("). W 1838 roku Friedrich Bessel dokonał pierwszego pomiaru paralaksy: 0,3" dla gwiazdy G1 Swan. Wkrótce potem zmierzono paralaksę Vegi, 0,12", a także α Centauri. Inni poszli za nimi, ale czułość teleskopów ograniczała astronomów. Europejski satelita Hipparcos w latach 90 XX w. i aktualnie Gaia zmierzły miliony paralaks.

5



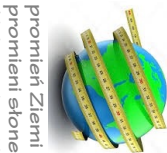
4



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

2

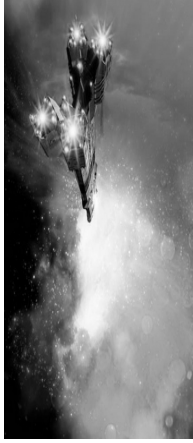
Odalności astronomiczne nie mogą być mierzone linijką ani taśmą. Potrzeba sztuczek. 2200 lat temu, grecki astronom Eratostenes, oszacował promień Ziemi porównując nachylenia Aleksandrii, Niedługo potem, w Aleksandrii, Arystarch z Samos wyznaczył odległość do Księżycyca, mierząc czas trwania zaćmienia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



Znajdąc średnicę Księżycyca i jego rozmiar kątowy, mógł obliczyć odległość.

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

Ille czasu zajmie mu dotarcie do:



Odpowiedzi



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 Georges 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 recesji 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 73 km/s na Mpc, z niepewnością 2%.

Jednak dane z satelity Planck, oparte na podejściu kosmologicznym, podają wartość 67.4 ± 0.5 km/s na Mpc.

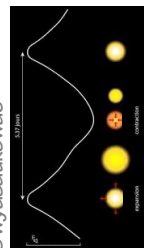
10

11

Przesunięcie ku czerwieni

Analiza widmowa światła gwiazd jawnia ciemne linie spowodowane absorpcją światła przez pierwiastki chemiczne obecne w zewnętrznych warstwach gwiazd (patrz TUMIP 2 i 10). W 1911 roku Vesto Slipher zauważył, że ciemne linie w widmku galaktyk zostały przesunięte w kierunku czerwieni. To przesunięcie zostało zinterpretowane jako „efekt Dopplera”: częstotliwość i kolor fall są modyfikowane nie 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.

6



proporcjonalność między okresem a jasnością. Umanta, zanim się zorientowała, jak ważne było jej odkrycie.



Na początku XX w. amerykańska astronom Henrietta Leavitt (1868-1921) zauważowała, że niektóre gwiazdy mają zmienną jasność z regularnym okresem (patrz rysunek poniżej). Po raz pierwszy zaobserwowana je w konstelacji Cefeusza, więc nazywa się Cefeidami. Później zaobserwowata 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 co 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

Wszelchświat w mojej kieszeni Nr 15

Ta książeczka została napisana w 2020 r. przez Christane Vilain (Observatorium Paryskie) i przejrzana przez Grażynę Stasińską (Observatorium Paryskie) oraz Stan Kurutz (UNAM, Meksyk). Niestety Christiane zmarła w trakcie redagowania niniejszej książeczki.

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

(Źródło: ESA)



Aby dowiedzieć się więcej o tej serii, jak również samą tematycę odwiedź stronę: <http://www.cultrp.org>

Tłumaczenie: Natalia Zywucka-Hęjzner
TUMIP Creative Commons



Odalności w kosmosie

Stanożytni 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 bardzoj 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 teleskopów wykorzystania dużych teleskopów naziemnych oraz kosmicznych.

5