

Przedstawiamy Obserwatorium imienia Very C. Rubin

* Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
Departament Badań Podstawowych,
Zakład Astrofizyki

Vera C. Rubin (1928–2016), której imię nosi obserwatorium, była wybitną amerykańską astronomką. Zapoczątkowała pionierskie badania nad prędkością rotacji galaktyk spiralnych, a jej badania stanowiły jeden z pierwszych kluczowych dowodów na istnienie ciemnej materii.

Krótką informację o pierwszych zdjęciach znajdziecie w Δ_{25} .

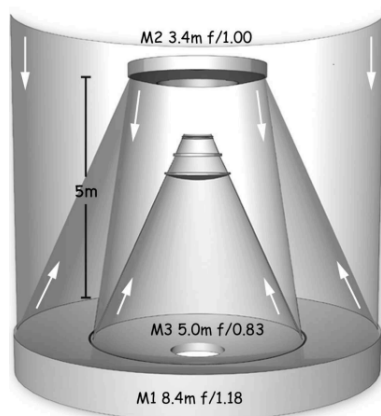
Uściślając: pełny skan całego nieba wymaga 3 nocy ciągłych obserwacji, a taki trwający trzy noce cykl będzie bez przerwy powtarzany przez okres 10 lat.

*Aidan COTTER**

Po pięciu latach planowania, a następnie dekadzie budowy, Obserwatorium imienia Very C. Rubin rozpoczęło nową erę badań Wszechświata. Pierwsze zdjęcia zostały udostępnione publicznie w poniedziałek 23 czerwca 2025 roku, pokazano niesamowite możliwości teleskopu w zakresie obrazowania ogromnych obszarów nieba w rekordowo krótkim czasie. Po osiągnięciu pełnej operacyjności teleskopu w październiku 2025 roku rozpoczęły się obserwacje w ramach przeglądu Legacy Survey of Space and Time (LSST), największego przeglądu nieba, jaki kiedykolwiek powstał. W ramach tego przeglądu całe niebo południowe będzie skanowane bez przerwy przez 10 lat, co w efekcie pozwoli stworzyć dziesięcioletni film rejestrujący wszystkie obiekty nocnego nieba.

Najnowsze obserwatorium

Obserwatorium Very C. Rubin jest położone na szczycie Cerro Pachón w Chilijskich Andach. Jest niezwykle w kilku aspektach. Mieści w sobie teleskop przeglądowy Simonyi Survey Telescope z lustrem o średnicy 8,4 metra. Na teleskopie zamontowana jest największa kamera cyfrowa, jaką kiedykolwiek zbudowano. Kamera i lustro osadzone są na najszybciej poruszającym się montażu teleskopu, jaki kiedykolwiek powstał. Cała konstrukcja, ważąca około 220 000 kilogramów (czyli tyle, co sześć w pełni załadowanych ciężarówek), potrafi obrócić się do nowej pozycji w zaledwie 5 sekund. Oczywiście żaden kraj samodzielnie nie mógłby zrealizować projektu o takiej skali. Innowacyjne technologie zastosowane przy budowie teleskopu zostały opracowane przez naukowców z ponad 30 krajów. W tym z Polski, która wniosła wkład w formie zasobów obliczeniowych i oprogramowania.



Rys. 1. Schemat konstrukcji teleskopu z trzema lustrami, zastosowanej w Obserwatorium Very C. Rubin. Lustro główne (M1) ma średnicę 8,4 m, lustro wtórne (M2) – 3,4 m, a lustro trzeciorzędne (M3) – 5 m. Współczynnik ogniskowej stopniowo maleje, co pozwala LSST uzyskać szerokie pole widzenia. Źródło: Ivezić et al., 2019

Sama kamera teleskopu rejestruje obrazy o rozdzielczości 3200 megapikseli. To tak dużo, że do wyświetlenia jednego zdjęcia w pełnej jakości potrzeba byłoby aż 400 ekranów 4K! W ciągu dziesięcioletniego programu obserwacyjnego LSST powstanie około 60 petabajtów surowych danych obrazowych. Trudno sobie wyobrazić taką ilość danych, więc posłużmy się przykładem. Gdybyś, Drogi Czytelniku, podjął się przejrzenia wszystkich tych zdjęć zebranych w ramach całego programu LSST i robił to w tempie jednego fragmentu w rozmiarze 4K na sekundę, to potrzebowałbyś na to ponad 25 lat nieprzerwanego oglądania! Trochę łatwiejsze byłoby przejrzenie zdjęć wykonanych podczas jednej nocy obserwacyjnej, obejrzenie ich w tym tempie zajęłoby Ci tylko około czterech i pół dnia ciągłego przeglądania. Równie imponujący jest czas odczytu danych z kamery: LSST potrafi przekształcić sygnał ze wszystkich 3200 megapikseli kamery w dane cyfrowe w zaledwie 2 sekundy.

Nie tylko kamera jest wyjątkowa. Dla Obserwatorium Very C. Rubin opracowano też rewolucyjną konstrukcję teleskopu (co ciekawe, jej pierwotny pomysł został podobno naszkicowany na serwetce). Podczas gdy większość teleskopów lustrzanych wykorzystuje dwa lustra do skupiania światła, teleskop w Obserwatorium Very C. Rubin używa aż trzech luster (rys. 1). Takie rozwiązanie pozwala zmaksymalizować pole widzenia i jednocześnie ograniczyć zniekształcenia obrazu. Niesie jednak ze sobą też pewne problemy: część zdolności zbierania światła przez główne lustro jest tracona, ponieważ duża część apertury jest zasłonięta przez lustro wtórne (M2). Mimo to lustro główne o imponującej średnicy 8,4 metra sprawia, że LSST potrafi rejestrować niezwykle głębokie i szczegółowe obrazy w zadziwiająco krótkim czasie.

Jednak Obserwatorium Very C. Rubin nie zostało zaprojektowane po to, by być największym ani nawet najdokładniejszym obserwatorium na świecie. Wytycza nowy nurt w astronomii. Jego głównym celem jest jak najszybsze obrazowanie nieba przez jak najdłuższy czas, w najlepszej możliwej jakości. Przez następne



Pragnę tutaj uspokoić Zdenerwowanego Czytelnika, że tylko 7 z 2104 nowo odkrytych asteroid znajduje się w pobliżu Ziemi i żadna z nich nie stanowi zagrożenia dla naszej planety.

Świece standardowe to źródła, dla których znamy rzeczywistą jasność. Dzięki temu możemy dokładnie określić odległość do nich, co pozwala nam na badanie tempa rozszerzania się Wszechświata.

dziesięć lat LSST będzie tworzyć „film” całego nieba południowego. Zobaczymy, jakim zmianom podlega Wszechświat, w skali większej niż kiedykolwiek wcześniej.

Dodatkowym elementem przeglądu nieba realizowanego przez Obserwatorium Very C. Rubin będzie system powiadomień (alertów), który zaalarmuje obserwatoria na całym świecie za każdym razem, gdy w niebie pojawi się nowe zjawisko (na przykład wybuchnie supernowa). Taki alert będzie generowany w około 60 sekund, co umożliwi astronomom skierowanie jak największej liczby instrumentów w stronę nowego zjawiska oraz obserwowanie supernowych i innych przemijających szybkich zdarzeń w czasie rzeczywistym.

Wszystkie te elementy i cechy Obserwatorium Very C. Rubin razem pozwolą na badania natury ciemnej materii i ciemnej energii, mapowanie obiektów znajdujących się w Układzie Słonecznym i szerzej – w Galaktyce oraz śledzenie i badanie obiektów, które zmieniają swoje położenie lub jasność na nocnym niebie. Szerzej, obserwacje LSST pozwolą na badania domeny czasowej.

Czym są obserwacje domeny czasowej?

Nocne niebo nie jest statyczne. Wiele obiektów astronomicznych zmienia swoją jasność lub położenie, jeśli patrzy się na nie wystarczająco długo. Badania domeny czasowej to badania, które skupiają się na tym, jak obiekty astronomiczne zmieniają się w czasie. Najogólniej rzecz ujmując, astronomia domeny czasowej pozwala śledzić, co, kiedy i jak się zmienia na niebie.

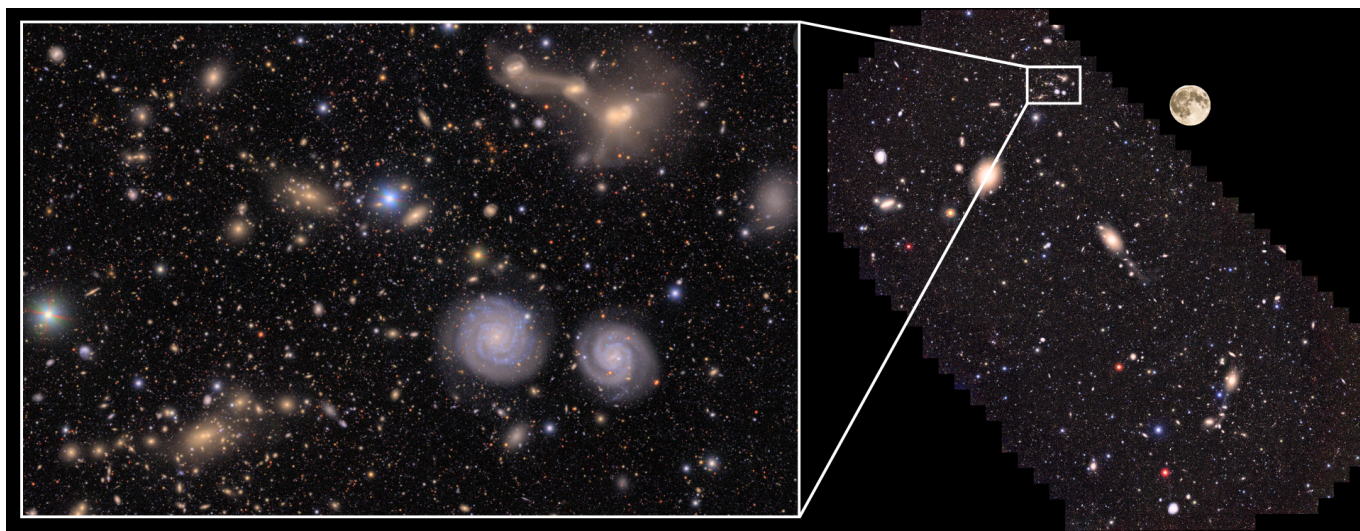
Pierwszym oczywistym przykładem obiektów zmieniających się w czasie, a dokładnie zmieniających swoje położenie na nocnym niebie, są komety i asteroidy. Wiedza o ich istnieniu i kierunku ruchu jest kluczowa nie tylko dla nauki, ale też dla bezpieczeństwa naszej planety. A szacuje się, że Układ Słoneczny zawiera miliony asteroid i komet. Większość z nich wciąż jednak pozostaje niezidentyfikowana. Wszystkie działające obecnie teleskopy łącznie znajdują tylko około 20 000 takich obiektów rocznie. Dla porównania, w ciągu zaledwie dziesięciu godzin próbnych obserwacji LSST zaobserwował ich aż ~4000, z czego aż 2104 to nowe odkrycia. Jeśli LSST będzie kontynuował obserwacje w tym tempie, to będzie identyfikował nowe asteroidy prawie 100 razy szybciej niż wszystkie istniejące teleskopy razem wzięte do tej pory. Zbudowanie tak dużego katalogu asteroid jest ważne nie tylko z powodu monitorowania możliwości kolizji z naszą planetą, ale również dla badania historii całego Układu Słonecznego (na przykład historii i pochodzenia pierwiastków na Ziemi).

Obiekty astronomiczne mogą zmieniać też jasność. Przykładami mogą tutaj być supernowe typu Ia, gwiazdy typu RR Lyrae czy Cefeidy, ogólnie – wszystkie gwiazdy zmienne. Ich obserwacje są niezwykle przydatne w kosmologii. Od prawie 100 lat Supernowe typu Ia są używane jako świece standardowe do badania tempa ekspansji Wszechświata. LSST będzie obserwować miliony takich zmiennych źródeł. Dane te pozwolą kosmologom określić fundamentalne właściwości naszego Wszechświata (takie jak tempo rozszerzania się Wszechświata) przy użyciu większej ilości danych niż kiedykolwiek wcześniej.

Pierwsze przykłady obserwacji

Pierwsze publicznie udostępnione zdjęcia z Obserwatorium Very C. Rubin pokazują niezwykle skalę i dokładność, z jaką przegląd LSST będzie obrazować niebo. Zdolności w zakresie badań zmienności położenia i jasności obiektów astronomicznych w czasie zostały zaprezentowane w serii krótkich filmów, pokazujących około 4000 asteroid oraz 46 gwiazd typu RR Lyrae. Można je obejrzeć na stronie rubinobservatory.org.

Ale to nie wszystko, LSST zaprezentowało niezwykle możliwości obserwacji galaktyk. Opublikowane zdjęcie o szerokim polu widzenia (rys. 2) ukazuje ponad 10 milionów galaktyk. Obejmuje ono obszar 24 stopni kwadratowych (to mniej więcej tyle, co 120 tarcz Księżyca w pełni) i zostało złożone z obserwacji



Rys. 2. Zdjęcie fragmentu nieba wykonane w Obserwatorium Very C. Rubin. Po lewej stronie widoczny jest powiększony fragment szerokokątnego obrazu z LSST, ukazujący gromadę galaktyk, dwie duże galaktyki spiralne oraz układ trzech zderzających się galaktyk. Po prawej znajduje się zdjęcie pełnego pola widzenia LSST, z zaznaczonym na białym obszarze pokazanym w powiększeniu. Całość obejmuje około 25 stopni kwadratowych i powstała z połączenia 1185 ekspozycji. Dla porównania skali pokazano tarczę Księżyca w pełni.

Źródło: Obserwatorium Very C. Rubin (NSF-DOE)

wykonanych w ciągu 7 nocy, z łącznym czasem obserwacji wynoszącym około 10 godzin. Dla porównania, typowy teleskop klasy 8 metrów (jest to rozmiar lustra teleskopu) potrzebowałby około roku na wykonanie podobnych obserwacji. Po przybliżeniu obrazu możemy dostrzec niezwykle ilość detali, jaką oferuje LSST. Na rysunku 2 biała ramka, reprezentująca mały fragment obserwacji, obejmuje gromadę galaktyk sąsiadującą z dwiema jasnymi galaktykami spiralnymi oraz układem galaktyk w trakcie zderzenia, a przy krawędzi powiększonego obrazu widoczna jest także jasna pobliska gwiazda.

Na kartkach papieru niemożliwe jest pokazanie, jak imponująca jest dokładność zdjęć. Dlatego bardzo zachęcamy Czytelników do odwiedzenia strony rubinobservatory.org, na której można dowolnie eksplorować zdjęcie fragmentu nieba wykonane w ramach LSST i przekonać się o niezwyklej jakości tych obserwacji. Udostępnione zdjęcia to tylko przedsmak tego, do czego zdolny jest teleskop. Podobne obserwacje będą powtarzane nieustannie przez 10 lat, ujawniając zmiany, jakim podlega nocne niebo.

Obserwatorium Very C. Rubin zrewolucjonizuje również obserwacje bliższego nam fragmentu Wszechświata. Na poniższym obrazie o rozdzielczości 5000 megapikseli (rys. 2), wykonanym w ciągu 7 godzin obserwacji, widoczna jest para mgławic znanych jako Mgławica Trójklistna i Mgławica Laguna. Mgławice są miejscami narodzin gwiazd, lecz ze względu na dużą ilość pyłu kosmicznego przysłaniającego światło gwiazd są niezwykle trudne do obserwacji. Połączenie setek, a nawet tysięcy zdjęć pozwala jednak wydobyć szczegóły struktury mgławicy i zajrzeć w jej głąb, ujawniając miejsca narodzin gwiazd.



Rys. 3. Widok mgławic Trójklistnej i Laguny zarejestrowany przez LSST. W pełnej rozdzielczości obraz ma aż 5000 megapikseli i został wykonany w zaledwie siedem godzin obserwacji.

Źródło: Obserwatorium Very C. Rubin (NSF-DOE)