

Następnie okular działa jako lupa, powiększając ten obraz dla obserwatora.
Powiększenie jest dane przez wzór:

$$M = f_o / f_e$$

gdzie f_o to ogniskowa obiektywu, a f_e to ogniskowa okularu.

8

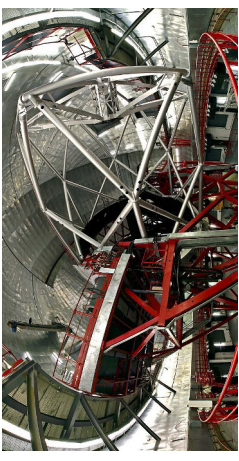


Zarówno teleskopy soczewkowe, jak i zwierciadlane powiększają obraz w ten sam podstawowy sposób. Światło z dalekiego obiektu jest najpierw skupiane przez obiektyw — w refraktorach jest to soczewka, a w reflektorach lustro — tworząc rzeczywisty obraz w płaszczyźnie ogniskowej.

Powiększenie obrazu

Wszechświat w mojej kieszeni

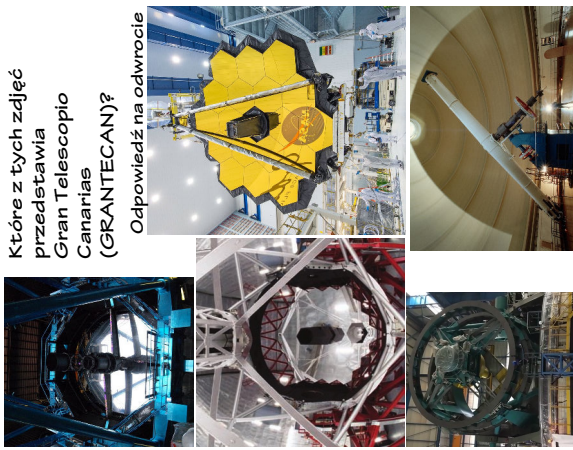
Teleskopy optyczne



Alejandro Farah
Instytut Astronomii –
UNAM, Meksyk

Quiz

Które z tych zdjęć przedstawia Gran Telescopio Canarias (GRANTECAN)?



Odpowiedź na odwrócie

Rozmiar i rozdzielczość

Apertura teleskopu — średnica jego głównej soczewki lub lustra — decyduje zarówno o zdolności zbierania światła, jak i o zdolności rozdzielczej. Większa apertura zbiera więcej światła, dzięki czemu widać słabsze obiekty, oraz poprawia rozdzielczość kątową, co pozwala dostrzegać drobniejsze szczegóły.



Dlatego zwiększenie apertury poprawia zdolność teleskopu do dostrzegania drobnych szczegółów w odległych obiektach (zob. str. 6). Jedną z odmian, zwana teleskopem z **lustrzem segmentowym**, jest zaastosowanie wielu mniejszych luster pracujących razem, jak jedno. Taka konstrukcja umożliwia budowę znacznie większych i lżejszych luster niż pojedynczy, lity element.

9

Instrumenty: spektrofotometria



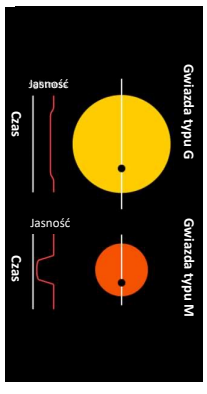
SPHEREx (Spectro-Photometer for the History of the Universe, Epoch of Reionization, and Ices Explorer, Spektrofotometr do badań historii Wszechświata, epoki rejonizacji i lodów NASA-JPL).

Teleskopy do badań astronomicznych i związane z nimi projekty naukowe są często realizowane w ramach międzynarodowych i wieloinstytucjonalnych współpracy.

13

Instrumenty: fotometria

Teleskopy używają różnych instrumentów do rejestrowania i analizowania światła z Wszechświata. Formują je zamieniając to, co widzi teleskop, w dane, które mają sens, ujawniając ukryte szczegóły gwiazd, planet i galaktyk.



Zmiana jasności fotometrycznej dwóch gwiazd podczas zaliczenia planetarnego (https://astro.unl.edu).

Fotometria polega na mierzeniu jasności obiektów na niebie i tego, jak ta jasność zmienia się w czasie. Dzięki filtrom astronomowie mogą śledzić migotanie gwiazd zmiennych, przyćmiewanie podczas transytu egzoplanety albo subtelne zmiany blasku galaktyki. To proste, ale bardzo skuteczna metoda poznawania jasności i koloru obiektu.

12

Zasady optyczne

Działanie teleskopów opiera się na kilku podstawowych prawach optyki:

- **Odbicie**: kąt padania jest równy kątowi odbicia (opisał to Euklides).

$$\theta_i = \theta_r$$

gdzie θ_i to kąt padania, a θ_r to kąt odbicia.

- **Złamanie (refrakcja)**: światło zmienia kierunek, gdy przechodzi między ośrodkami o różnych współczynnikach załamania (opisał Snell, rozwiniął Descartes).

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

gdzie n_1 i n_2 to współczynniki załamania dwóch ośrodków, a θ to kąt mierzony względem prostopadłej do granicy ośrodków..

- **Dyfrakcja**: światło zachowuje się jak fala i „rozlewa się”, gdy przechodzi przez otwór. Rozdzielczość kątowna jest dana przez

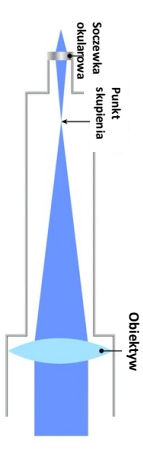
$$\theta \approx 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

gdzie λ to długość fali, a D to średnica apertury. Większa apertura daje lepszą rozdzielczość (mniejszy kąt θ).

4

Teleskop refrakcyjny

Teleskop soczewkowy (refrakcyjny) używa soczewek, aby złamać nadchodzące światło i skupić je w jednym punkcie. Główna soczewka, zwana obiektywem, zbiera światło z dalekiego obiektu i tworzy obraz w punkcie ogniskowania. Soczewka okularowa potem powiększa ten obraz, żeby można go było oglądać.



shutterstock.com - 173682775

Refraktory dają ostrą obraz o wysokim kontraście, ale ich rozmiar jest ograniczony przez dęźar dłużych soczewek i wady optyczne, takie jak aberracja chromatyczna. Ponieważ światło przechodzi przez materiał soczewki, szkło użyte do ich produkcji musi być jednorodnie i izotropowe, aby zapewnić wysoką jakość obrazu.

5



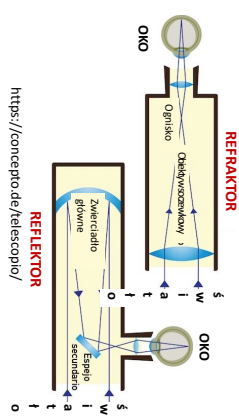
Im większej dokładności się wymaga, tym bardziej złożony i wymagający staje się proces polerowania i testowania.

Teleskop zwierciadlany

Jego lustro jest wykonane ze szkła lub ceramiki o małej rozszerzalności cieplnej i jest pokryte cienką, odbijającą warstwą aluminium. Powierzchnia jest polerowana z ogromną precyzją — często do dokładności rzędu jednej ósmej długości fali światła lub lepiej.

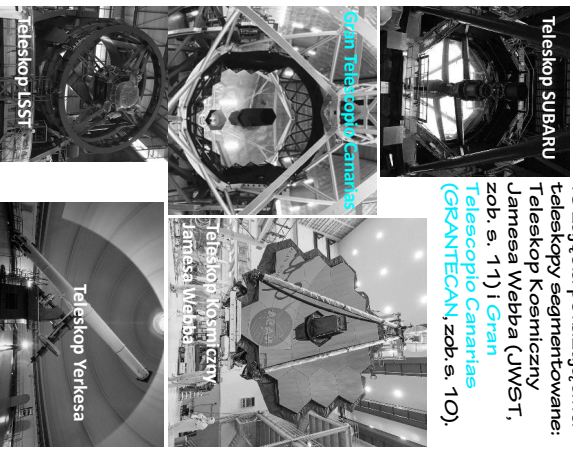
Czym jest teleskop?

Teleskop to urządzenie optyczne, które zbiera i skupia światło z oddalonych obiektów, aby tworzyć większe i bardziej szczegółowe obrazy. Wykorzystuje soczewki lub lustro do skupiania promieniowania elektromagnetycznego (światła). Jest to niezbędne narzędzie w astronomii do badania Wszechświata.



<https://concepto.de/telescopio/>

Teleskopy zbierają i skupiają światło z oddalonych gwiazd i galaktyk, ale to podłączone do nich instrumenty dokonują dokładnej pracy. Analizują światło i pokazuja, z czego zrobione są obiekty na niebie, jak się poruszają i jak zmieniają się w czasie. Razem zamieniają słabe ślady światła w wyraźniejszy obraz tego, jak działa kosmos.



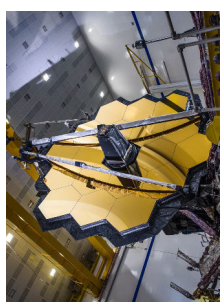
Odpowiedź

Te zdjęcia pokazują dwa teleskopy segmentowane: Teleskop Kosmiczny Jamesa Webba (JWST, zob. s. 11) i Gran Telescopio Canarias (GRANTECAN, zob. s. 10).

Rozmiary teleskopów



Teleskopy soczewkowe trudniej zbudować niż zwierciadlane, bo duże soczewki są ciężkie, trudno je stabilnie podtrzymać i powodują aberrację chromatyczną — zniekształcenie wynikające z różnego załamania barw światła, które dalej kolorowe obwódki wokół obiektów. Lustro mogą być cięższe, nie mają tego defektu i łatwiej je powiększać do dużych rozmiarów. Największym teleskopem soczewkowym jest teleskop Yerkes o średnicy 40 cali (1,02 m, po lewej), a największym segmentowym reflektorem jest Gran Telescopio Canarias o średnicy 10,4 m (po prawej). Ze względu na uniwersalności i dużą zdolność zbierania światła teleskopy zwierciadlane są dziś powszechnie używane w nowoczesnej astronomii.



Największym działającym teleskopem kosmicznym jest Teleskop Kosmiczny Jamesa Webba. To teleskop zwierciadlany złożony z 18 sześciokątnych segmentów, które razem tworzą jedno lustro o średnicy 6,5 metra.

Teleskopy kosmiczne

Atmosfera Ziemi zniekształca i rozmywa światło z dalekich obiektów przez turbulentne i zmienną temperaturę — to zjawisko nazywa się **seeingiem atmosferycznym**. Ogranicza ono rozdzielczość teleskopów naziemnych i sprawia, że gwiazdy „mrużają”. Aby to ograniczyć, astronomowie używają **optyki adaptacyjnej**, która na bieżąco koryguje zniekształcenia, stawiając teleskopy w wysokich, suchych miejscach, albo wysyłając je w kosmos, gdzie atmosfera nie przeszkadza.

Wszechświat w mojej kieszeni nr 48

Ta książeczka została napisana w 2025 roku przez Alejandro Farah z Instituto de Astronomia, Universidad Nacional Autónoma de México i zrecenzowana przez Grażynę Stasińską z Obserwatorium Paryskiego oraz Stana Kurtyza z IKyA (Morelia).

Zdjęcie na okładce: Gran Telescopio Canarias, GTC (Jeśli nie zaznaczono inaczej: ogólne źródła: Wikipedia i GNU Free Documentation License)

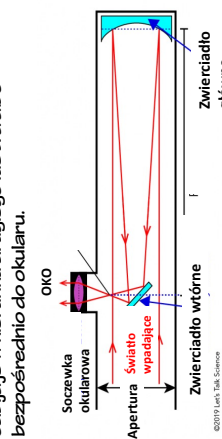


Aby dowiedzieć się więcej o tej kolekcji i tematach przedstawionych w tej książeczce, odwiedź <http://www.tuimp.org>

Tłumaczenie: Grażyna Stasińska
TUIMP Creative Commons



Teleskop zwierciadlany



Lustra nie mają aberracji chromatycznej i można je robić dużo większe niż soczewki, dzięki czemu astronomowie mogą obserwować bardzo słabe i odległe obiekty. Teleskopy zwierciadlane są najbardziej lubiane wśród amatorów, bo dają duże, jasne obrazy nieba i nie kosztują aż tak dużo.

Pierwsze teleskopy w historii

Pierwszy teleskop zbudował w 1608 roku Hans Lippershey. Rok później Galileusz ulepszył projekt i skierował teleskop na niebo. Odkrył cztery największe księżyce Jowisza, fazy Wenus i góry na Księżycu — odkrycia, które zmieniły nasze rozumienie kosmosu.



Później Isaac Newton opracował teleskop zwierciadlany, który zamiast soczewek wykorzystuje zwierciadła. Dzięki temu uniknął aberracji chromatycznej i poprawił jakość obrazu.