

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.



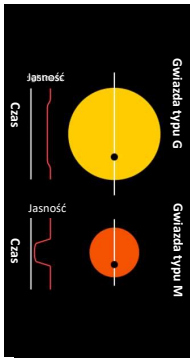
Powiększenie obrazu
Zarówno teleskopy soczewkowe, jak i zwierciadlana powiększają obraz z tym samym podstawowym sposob. Światło z dalekiego obiektu jest najpierw skupiane przez obiektyw — w refraktorach jest to soczewka, a w reflektorach lustro — tworząc rzeczywisty obraz w płaszczyźnie ogniskowej.

Dlatego zwiększenie apertury poprawia zdolność teleskopu do dostrzegania drobnych szczegółów w odległych obiektach (zob. str. 9). Jedną z odmian, zwaną teleskopem z lustrem segmentowym, jest zastosowanie wielu mniejszych luster pracujących razem jak jedno. Taka konstrukcja umożliwia budowę znacznie większych i lżejszych luster niż pojedynczy, lity element.



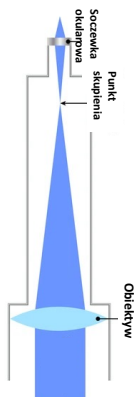
Rozmiary i rozdzielczość
Apertura teleskopu — średnica jego głównej soczewki lub lustra — decyduje zarówno o zdolności zbierania światła, jak i o zdolności rozdzielczej. Większa apertura zbiera więcej światła, dzięki czemu widać słabsze obiekty, oraz poprawia rozdzielczość kątową, co pozwala dostrzegać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

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



Instrumenty: fotometria
Teleskopy używają różnych instrumentów do rejestrowania i analizowania światła z Wszechświata. Poniżej zamieniamy to, co widzi teleskop, w dane, które mają sens, ujawniając ukryte szczegóły gwiazd, planet i galaktyk.

Refraktory dają ostre obrazy o wysokim kontraście, ale ich rozmiar jest ograniczony przez ciężar dużych soczewek i wady optyczne, takie jak aberracja chromatyczna. Ponieważ światło przechodzi przez materiał soczewki, szkło użyte do ich produkcji musi być jednolodne i zdatne, aby zapewnić wysoką jakość obrazu.



Teleskop refrakcyjny
Teleskop soczewkowy (refrakcyjny) używa soczewek, aby łączyć 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.

Zasady optyczne

Działanie teleskopów opiera się na kilku podstawowych prawach optyki:

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

$$\theta_i = \theta_r$$

- **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.

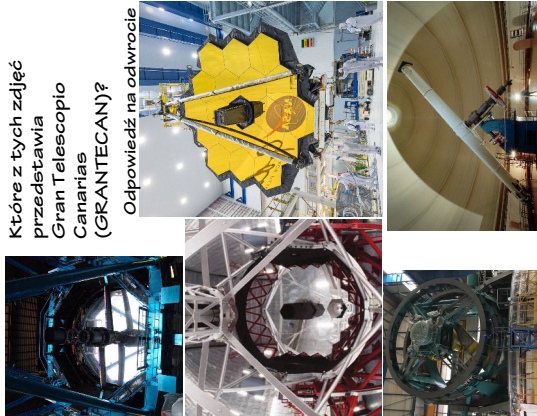
- **Dyfrakcja:** światło zachowuje się jak fala i „rozlewa się”, gdy przechodzi przez otwór. Rozdzielczość kątowna jest dana przez

$$\theta \approx 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

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

Quiz

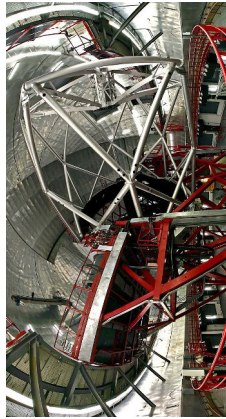
Które z tych zdjęć przedstawia Gran Telescopio Canarias (GRANTECAN)?



Odpowiedź na odwrocie

Wszechświat w mojej kieszeni

Teleskopy optyczne



Alejandro Farah
Instytut Astronomii –
UNAM, Meksyk

Instrumenty: spektrofotometria

Spektrofotometria idzie krok dalej: rozdziela światło na różne kolory, czyli długości fal. Patrząc jak jasny jest każdy kolor, naukowcy mogą ustalić, z czego zrobiony jest obiekt, jaka jest jego temperatura, a nawet jak porusza się w przestrzeni. To bardziej złożone niż samo mierzenie jasności, ale daje dużo głębszy wgląd w działanie gwiazd i galaktyk (zob. tułmp 30).



SPHEREX (Spectro-Photometer for the History of the Universe, Epoch of Reionization, and Local Explorer, Spektrofotometr do badań historii Wszechświata, epoki rejonizacji i lokalnego eksploratora).

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

7

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

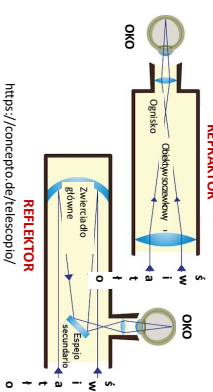


Teleskop zwierciadlany

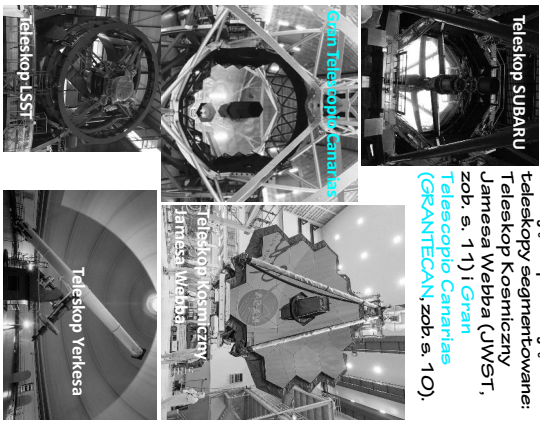
Jego lustro jest wykonane ze szkła lub ceramiki o małej rozszerzalności cieplnej i jest pokryte cienką, odbijającą warstwą aluminium. Powierzchnia jest polerowana z ogromną precyzją — często do dokładności rzędu jednej ósmej długości fali światła lub lepiej.

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.



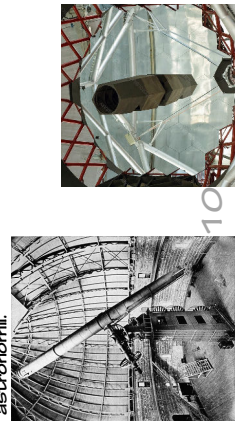
Teleskopy zbierają i skupiają światło z oddalonych gwiazd i galaktyk, ale to podłączane do nich instrumenty dokonują dokładną pracę. Analizują światło i pokazyują, z czego zrobione są obiekty na niebie, jak się poruszają i jak zmieniają się w czasie. Razem zamieniają słabe ślady światła w wyraźniejszy 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).

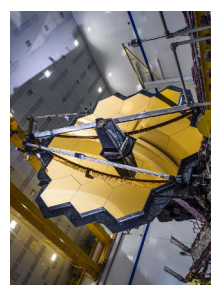
Rozmiary teleskopów



Teleskopy soczewkowe trudniej zbudować niż zwierciadlane, bo duże soczewki są ciężkie, trudno je stabilnie podtrzymać i powodują aberracje chromatyczne — zniekształcenie wynikające z różnego załamania barw światła, które daje kolorowe obwódki wokół obiektów. Lustro mogą być lżejsze, 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 uniwersalność i dużą zdolność zbierania światła teleskopy zwierciadlane są dziś powszechnie używane w nowoczesnej astronomii.

10

Teleskopy kosmiczne



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.

Atmosfera Ziemi zniekształca i rozmywa światło z ciał niebieskich przez turbulencje i zmiany temperatury — 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 wysyłała je w kosmos, gdzie atmosfera nie przeszkadza.

Wszechświat w mojej kieszeni nr 48

Ta książeczka została napisana w 2025 roku przez Alejandro Farah'a z Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México i zrecenzowana przez Grażynę Stasińską z Obserwatorium Paryskiego oraz Stana Kurta z IRyA (Morelia).

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



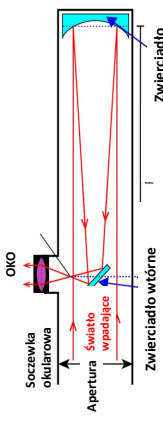
Aby dowiedzieć się więcej o tej kolekcji i tematach przedstawianych w tej książeczce, odwiedź <http://www.tuimp.org>

Tłumaczenie: Grażyna Stasińska
TUIMP Creative Commons



6

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.



Teleskop zwierciadlany

Teleskop zwierciadlany (reflektor) używa luster zamiast soczewek do skupiania światła. Główne lustro, zwykle większe, zbiera światło i odbija je w kierunku drugiego lustra albo bezpośrednio do okularu.

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 księżycy 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.

3