

Wszechświat w mojej kieszeni

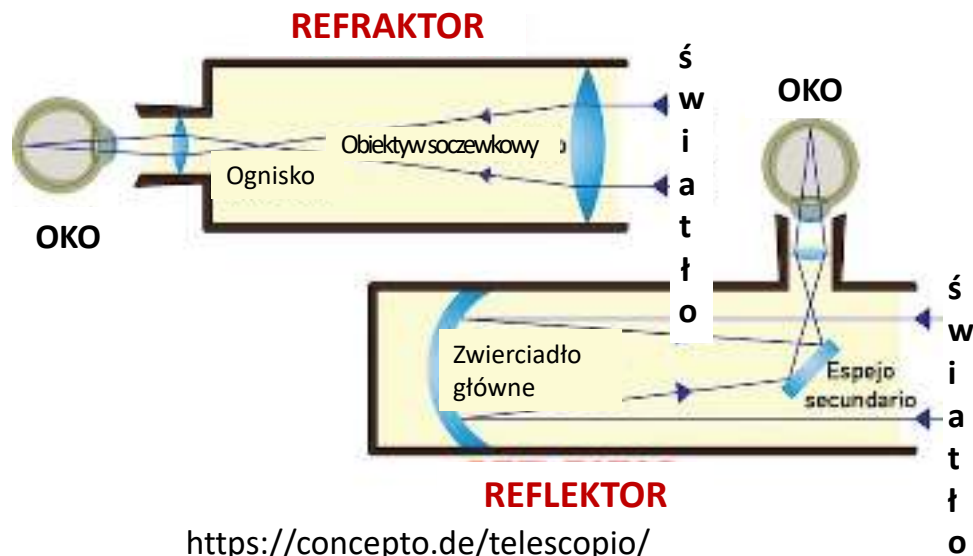
Teleskopy optyczne



Alejandro Farah
Instytut Astronomii -
UNAM, Meksyk

Czym jest teleskop?

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



Teleskopy zbierają i skupiają światło z odległych gwiazd i galaktyk, ale to podłączone do nich instrumenty dokonują dokładną pracę. Analizują światło i pokazują, 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.

2

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

3

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.

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

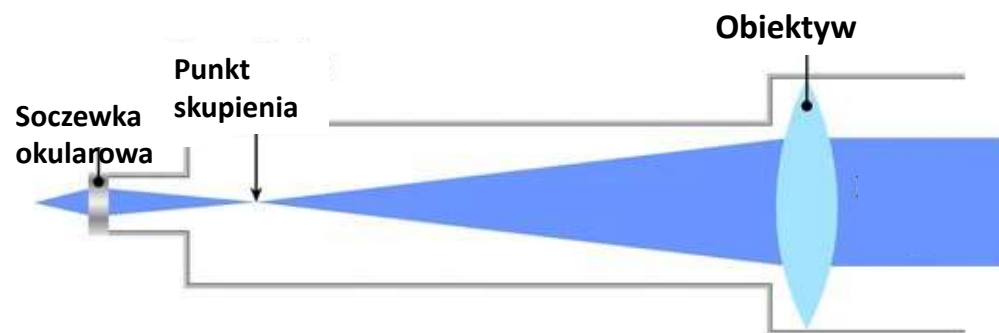
- **Dyfrakcja:** światło zachowuje się jak fala i „rozlewa się”, gdy przechodzi przez otwór. Rozdzielczość kątowa jest dana przez

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

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

Teleskop refrakcyjny

Teleskop soczewkowy (refrakcyjny) używa soczewek, aby załamać 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.

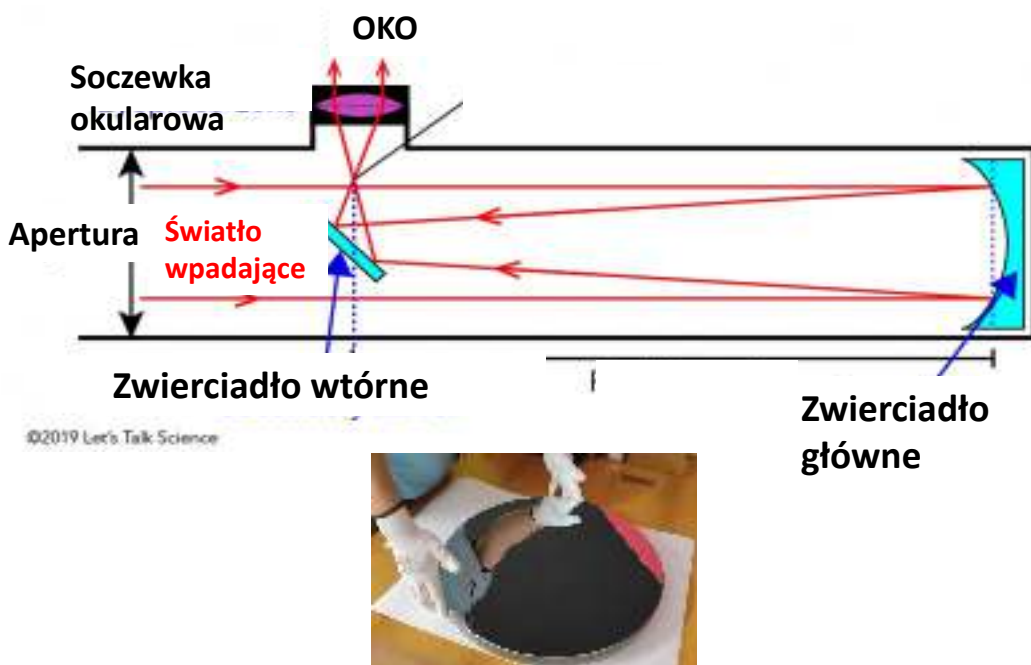


shutterstock.com • 1724823775

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 jednorodne i izotropowe, aby zapewnić wysoką jakość obrazu.

Teleskop zwierciadlany

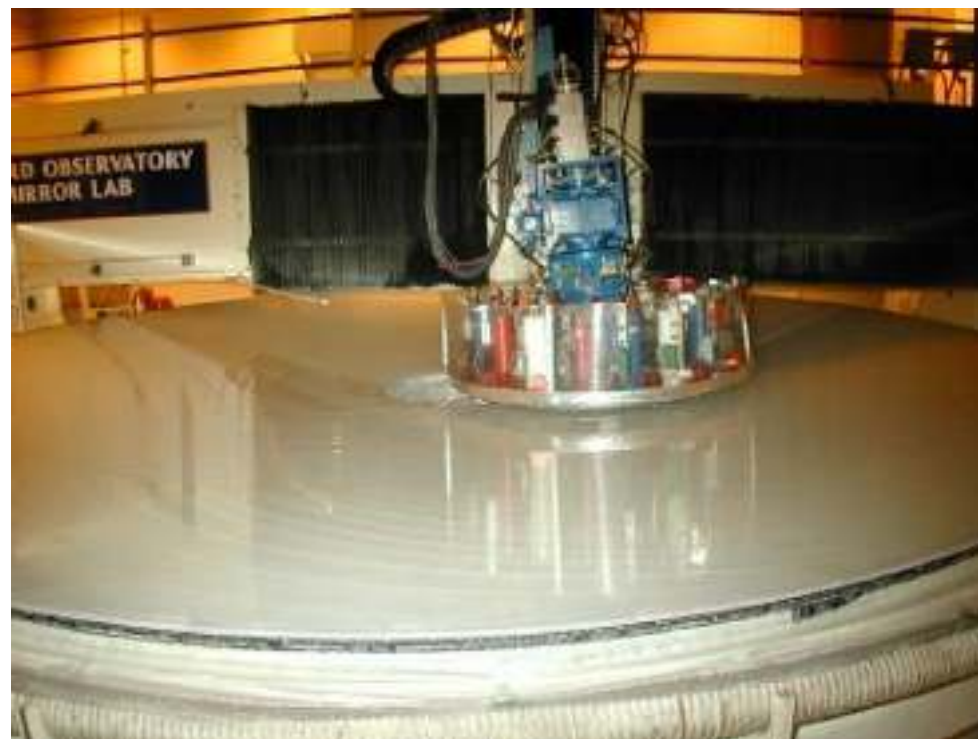
Teleskop zwierciadlany (reflektor) używa luster zamiast soczewek do skupiania światła. Główne lustro, zwykle wklęsłe, zbiera światło i odbija je w kierunku drugiego lustra albo bezpośrednio do okularu.



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. 6

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.



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

Powiększenie obrazu

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.



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

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, zwaną teleskopem **z lustrem segmentowym**, jest zastosowanie wielu mniejszych lusterek pracujących razem jak jedno. Taka konstrukcja umożliwia budowę znacznie większych i lżejszych lusterek niż pojedynczy, lity element.

9

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 daje kolorowe obwódki wokół obiektów. Lustra 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

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 „mrugają”. Aby to ograniczyć, astronomowie: używają **optyki adaptacyjnej**, która na bieżąco koryguje zniekształcenia, stawiają teleskopy w wysokich, suchych miejscach, albo wysyłają je w kosmos, gdzie atmosfera nie przeszkadza.

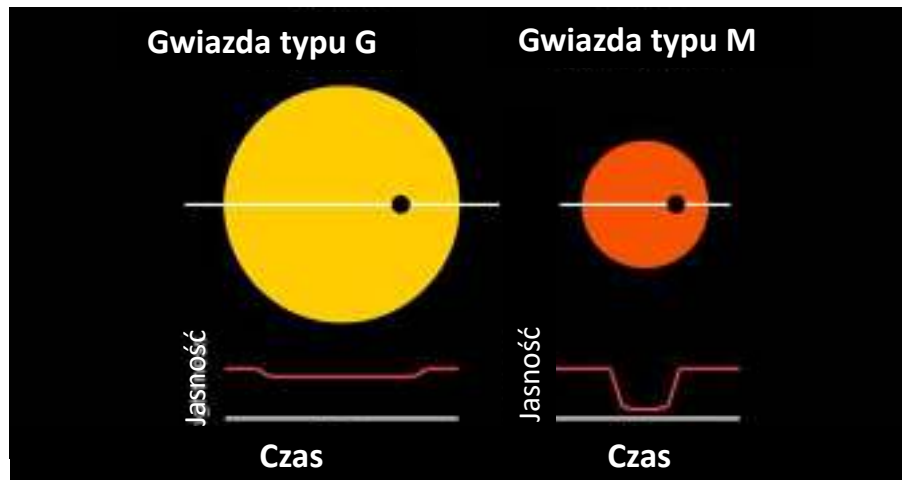


Największym działającym teleskopem kosmicznym jest Teleskop Kosmiczny Jamesa Webba. To teleskop zwierciadlany złożony z 18 sześciokątnych segmentów, które razem tworzą jedno lustro o średnicy 6,5 metra.

11

Instrumenty: fotometria

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



Zmiana jasności fotometrycznej dwóch gwiazd podczas zaćmienia 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, przyciemnienie podczas tranzytu egzoplanety albo subtelne zmiany blasku galaktyki. To prosta, ale bardzo skuteczna metoda poznawania jasności i koloru obiektu.

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. tuimp 30).



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 rozwijane w ramach międzynarodowych i wieloinstytucjonalnych współprac.

Quiz

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

Odpowiedź na odwrocie

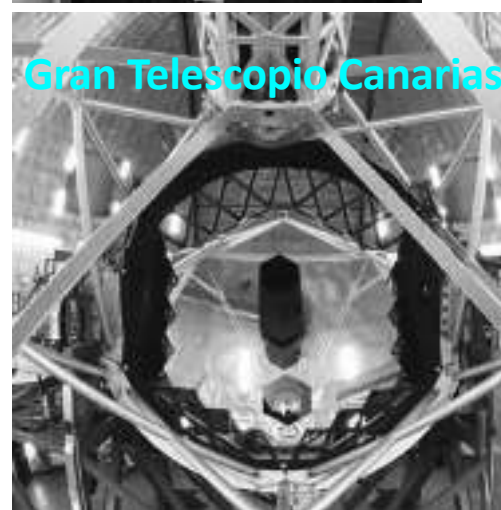


Odpowiedź

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



Gran Telescopio Canarias



Teleskop Kosmiczny Jamesa Webba



Teleskop LSST



Teleskop Yerkesa

Wszechświat w mojej kieszeni nr 48

Ta książeczka została napisana w 2025 roku przez Alejandro Faraha z Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México i zrecenzowana przez Grażynę Stasińską z Obserwatorium Paryskiego oraz Stana Kurtza z IRyA (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

