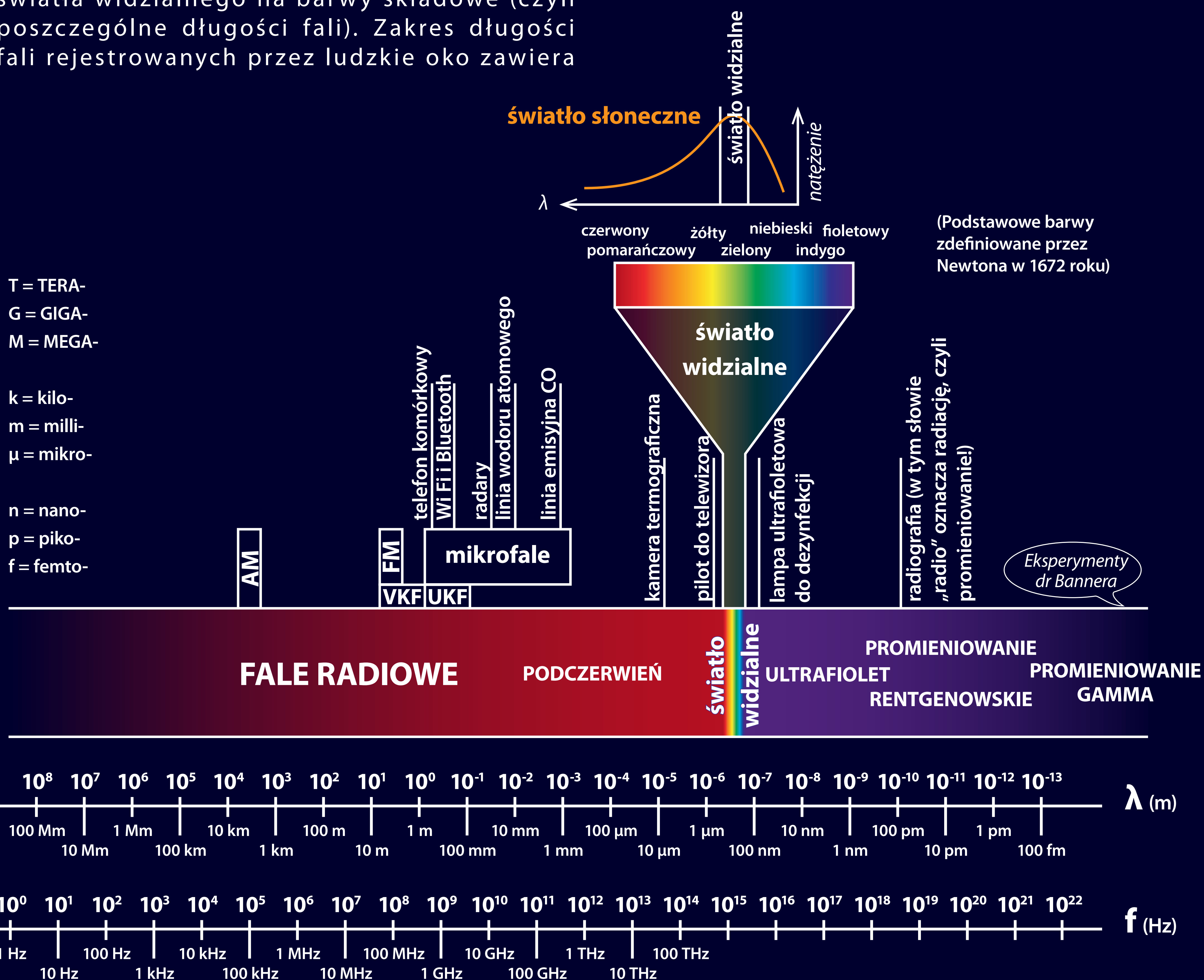


Czym jest sygnał radiowy?

Światło jest falą...

Światło widzialne stanowi superpozycję wielu fal o różnych długościach (długość fali to odległość pomiędzy kolejnymi grzbietami fali). **Każdej długości fali odpowiada określona barwa.** Czy próbowaliście kiedyś oświetlić pryzmat lampą? Otrzymuje się wtedy przepiękną tęczę, która powstaje w wyniku rozszczepienia światła widzialnego na barwy składowe (czyli poszczególne długości fali). Zakres długości fali rejestrowanych przez ludzkie oko zawiera

się pomiędzy 400 a 700 nanometrów (nanometr to 0,000000001 metra). 400 nm widzimy jako barwę niebieską, a 700 nm jako czerwoną. Są również takie długości fali, których nasze oko nie dostrzega – mniejsze niż dla światła niebieskiego bądź większe niż dla czerwonego.



Światło przenosi również energię, której ilość zależy od długości fali – im krótsze fale, tym więcej energii zawiera wiązka światła. Weźmy na przykład światło ultrafioletowe o małej długości fali – w niewielkich dawkach daje piękną opaleniznę, lecz zbyt długa ekspozycja może powodować oparzenia! I odwrotnie, większe długości fali odpowiadają niższym energiom. Emisja radiowa na falach ultrakrótkich na przykład jest nieszkodliwa dla człowieka.

We Wszechświecie gwiazdy typu Słońca promieniają **energię ciepłą** głównie w świetle widzialnym, znacznie mniej na falach radiowych. Wysokoenergetyczne obiekty, jakimi są np. supernowe, emitują olbrzymie ilości promieniowania rentgenowskiego i gamma. Gorący gaz wokół takich obiektów wysyła również promieniowanie radiowe. **Również elektrony**, jeśli zostaną przyśpieszone w polu magnetycznym do prędkości bliskich prędkości światła, promieniają na falach radiowych.

A co z gazem pomiędzy gwiazdami? Wszędzie dookoła są gwiazdy, czyż nie powinien on być zatem gorący? Wprawdzie galaktyka może zawierać nawet sto miliardów gwiazd, lecz odległości między nimi są zaiste olbrzymie! Na przykład, Proxima Centauri, najbliższa nam gwiazda po Słońcu, odległa jest od nas o 4,2 lat świetlnych. A to jest 40 000 000 000 000 km! Będąc tak daleko od siebie, gwiazdy nie są w stanie ogrzać znajdującego się pomiędzy nimi gazu! Dlatego właśnie astronomowie obserwują gaz międzygwiazdowy w podczerwieni i na falach radiowych!

Światło może być uważane zarówno za fale, jak i cząstki. Może ono tworzyć wzory interferencyjne, niczym dwie fale na wodzie nachodzące na siebie, lecz może też być emitowane jako pojedyncze fotony, które są następnie zliczane w odbiorniku!

Trudno to sobie wyobrazić? Może nam w tym pomóc przykład walca. Jeśli oświetlimy go z boku, jego cień jest prostokątny, lecz jeśli światło pada od strony jego podstawy, cień staje się okrągły!

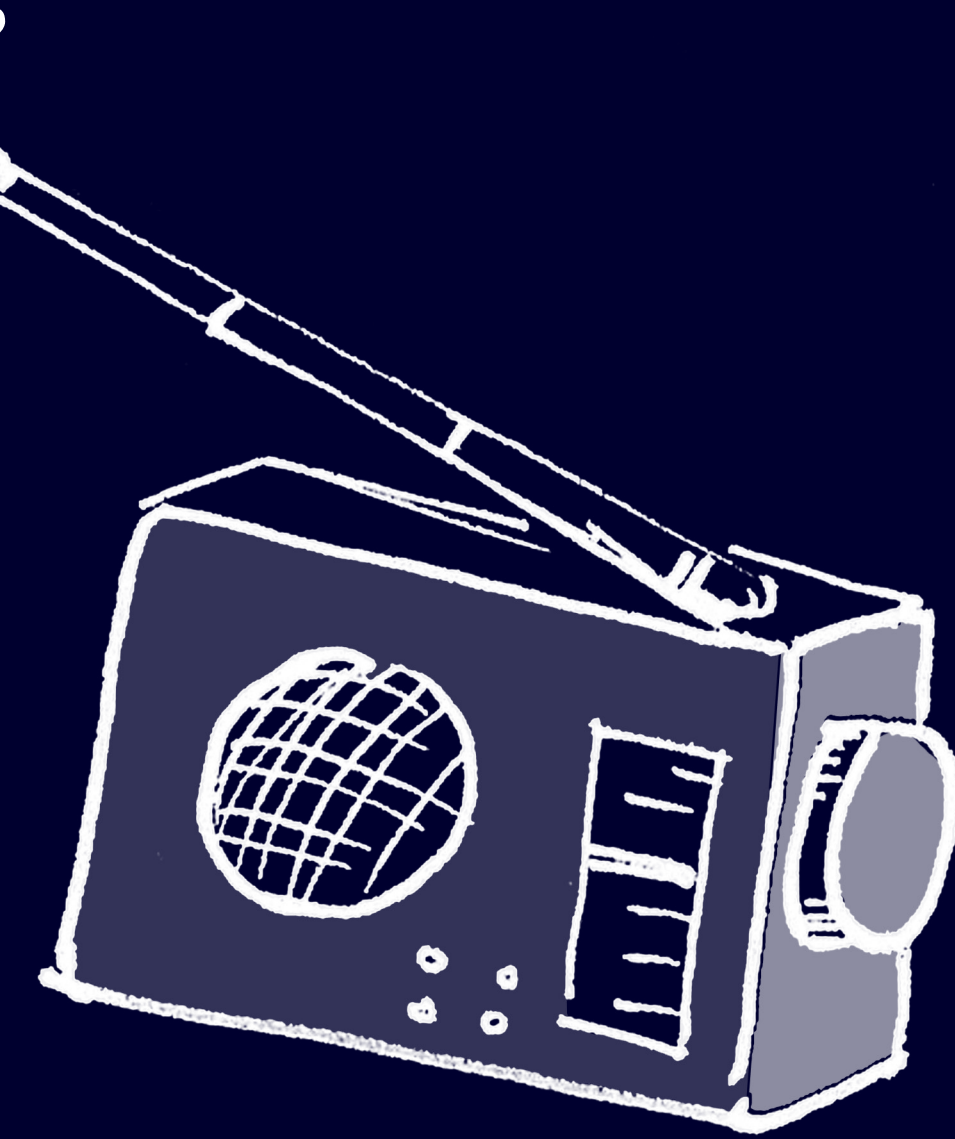
Czy wiesz jeszcze?



Do czego one służą?

Zatem fale radiowe są po prostu jednym z rodzajów promieniowania.

Na Ziemi fal radiowych używa się przede wszystkim do komunikacji. Dlaczego? Ponieważ rozchodzą się łatwo w atmosferze, a nawet pod wodą. Fale te obejmują szeroki zakres długości, od kilometrów do milimetrów. Propagacja silnie zależy od długości danej fali, co zostało wykorzystane do stworzenia bardzo złożonych i zróżnicowanych systemów łączności:

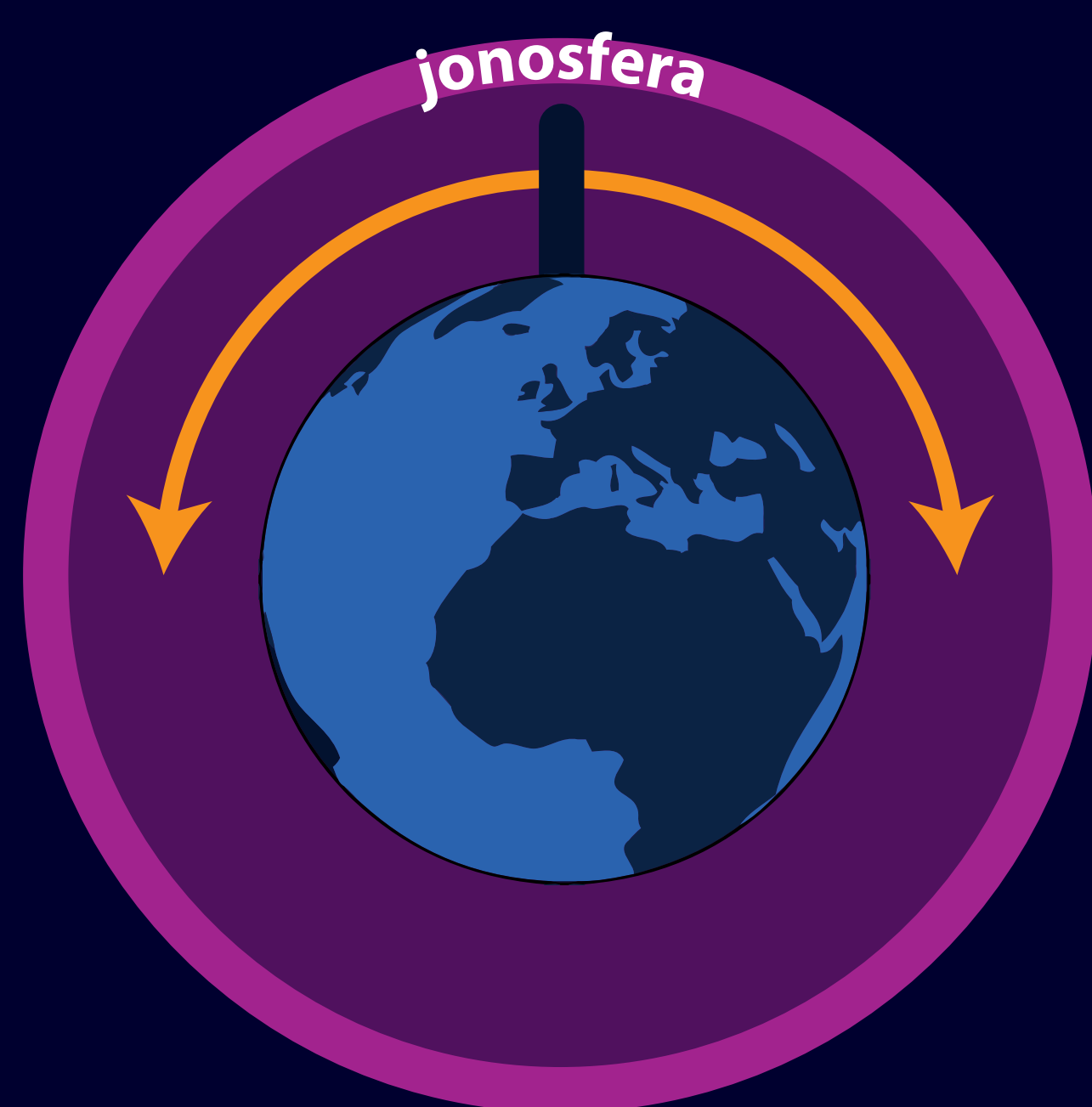


Fale długie rozchodzą się w postaci fal powierzchniowych, układając się wzdłuż krzywizny Ziemi. Przy dostatecznie dużej mocy nadajnika mogą dochodzić nawet na odległość 1000 km. Propagują się one także pod wodą, dlatego używa się ich do porozumiewania się z łodziami podwodnymi. **Ale nie mylcie tego z sonarem** – techniką opartą na propagacji w wodzie fal dźwiękowych, a nie radiowych!

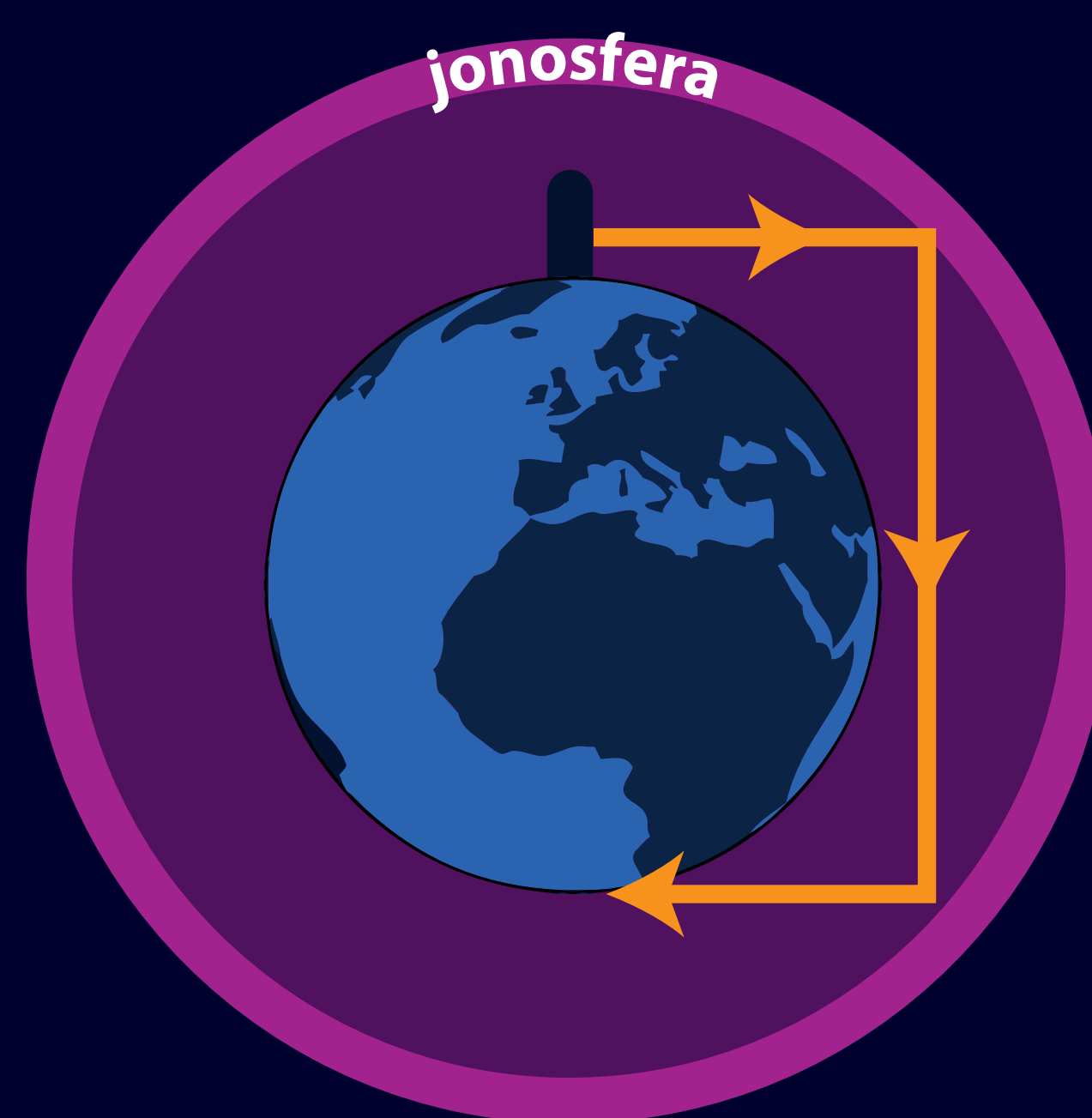
Fale krótkie, rzędu kilkudziesięciu metrów, używane są przez radioamatorów. Rozchodzą się one w bardzo interesujący sposób, ponieważ ulegają odbiciu od **ziemskiej jonosfery**. Oznacza to, że sygnał nadajnika krótkofalarskiego odbija się od jonosfery z powrotem ku Ziemi i może docierać nadzwyczaj daleko, niekiedy nawet na antypody. Dlaczego tylko niekiedy? Otóż zdolność odbijania fal przez jonosferę

zależy od warunków aktualnie w niej panujących.

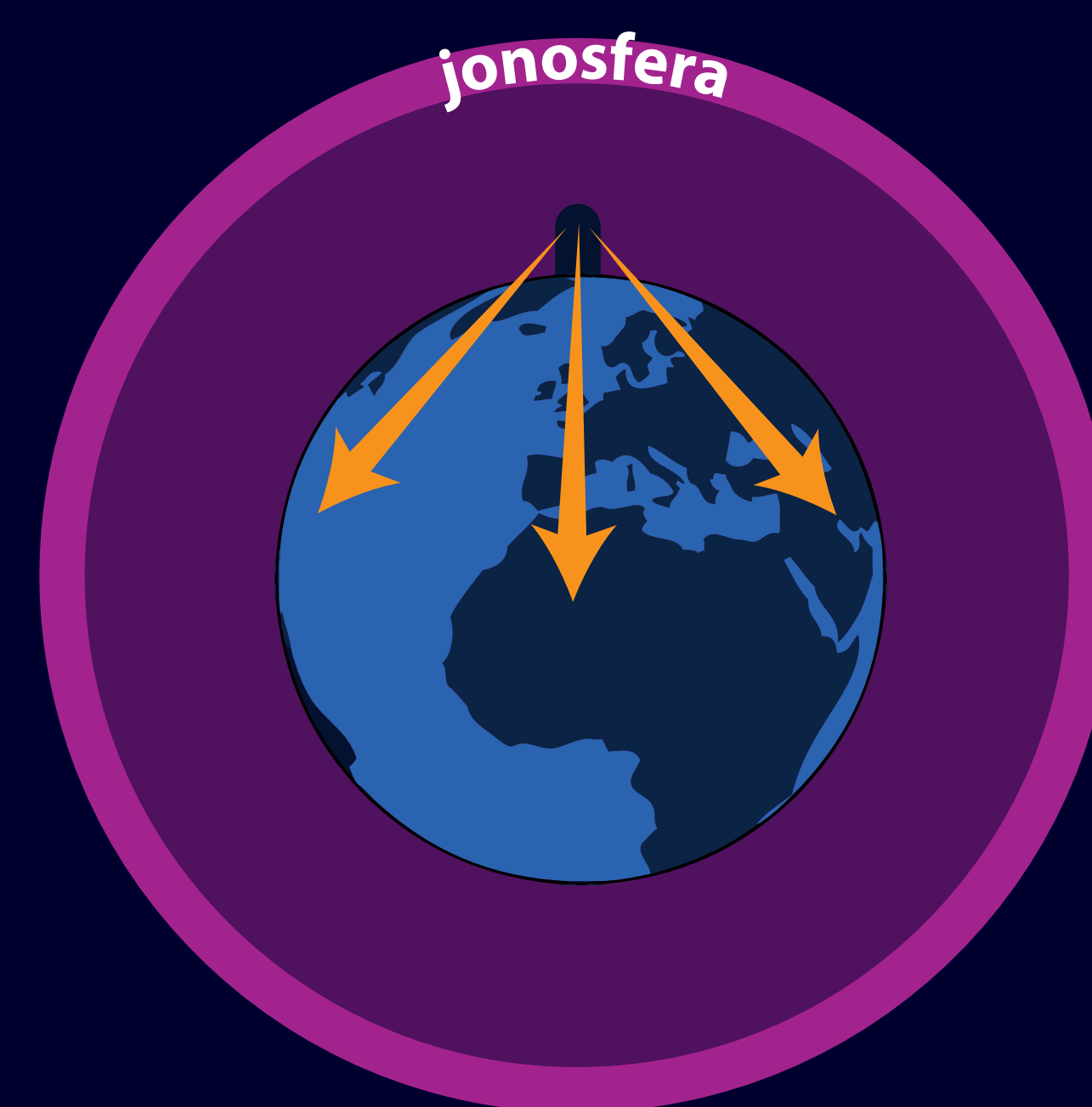
Fale o długości poniżej metra rozchodzą się od nadajnika po liniach prostych, niemal jak światło widzialne. To jest obszar radiofonii UKF, telewizji, Wi Fi, Bluetooth, itp. Fale te nie są zatrzymywane przez jonosferę, dlatego potrzebne są satelity, jeśli chcemy je przesyłać z powrotem ku Ziemi.



fale długie



fale krótkie



fale ultrakrótkie

Fale radiowe to promieniowanie, a nie dźwięk. Jak to się zatem dzieje, że możecie słuchać swoich ulubionych piosenek przez radio? Przypuśćmy, że chcecie się podzielić piosenką z przyjacielem, który stoi 100 m dalej. Moglibyście ją wykrzyknąć na cały głos, ale będziecie musieli w to włożyć wiele energii, a ponadto niechybnie nabawicie się bólu gardła i wkurzycie sąsiadów...

Zamiast tego możecie użyć latarki i przekazać piosenkę przyjacielowi za pomocą alfabetu Morse'a. W ten sposób rozwiązałibyście problem z energią i odległością, lecz stracilibyście pokąźną część informacji.

Aby zachować całą informację, musicie ją zakodować odpowiednio w przesyłanym promieniowaniu tak, aby przyjaciel mógł ją odebrać i łatwo zdekodować. **Nosi to nazwę przetwarzania sygnału.**

Modulacja częstotliwości (FM) to rodzaj przetwarzania sygnału, który jest bardzo prosty i tani w zastosowaniu. Polega on na zmienianiu chwilowej częstotliwości w takt, na przykład, owej piosenki. Modulowany sygnał zostaje „zdemodulowany” w odbiorniku radiowym i przesłany do głośnika, a tym samym promieniowanie przekształca się z powrotem w dźwięk!

Do przekazywania informacji stosuje się także inne metody przetwarzania sygnału, jak modulacja amplitudy (AM) czy modulacja fazy (PM); w technologii Wi Fi, na przykład, wykorzystuje się zarówno FM, jak i PM.

Modulacja częstotliwości (FM)

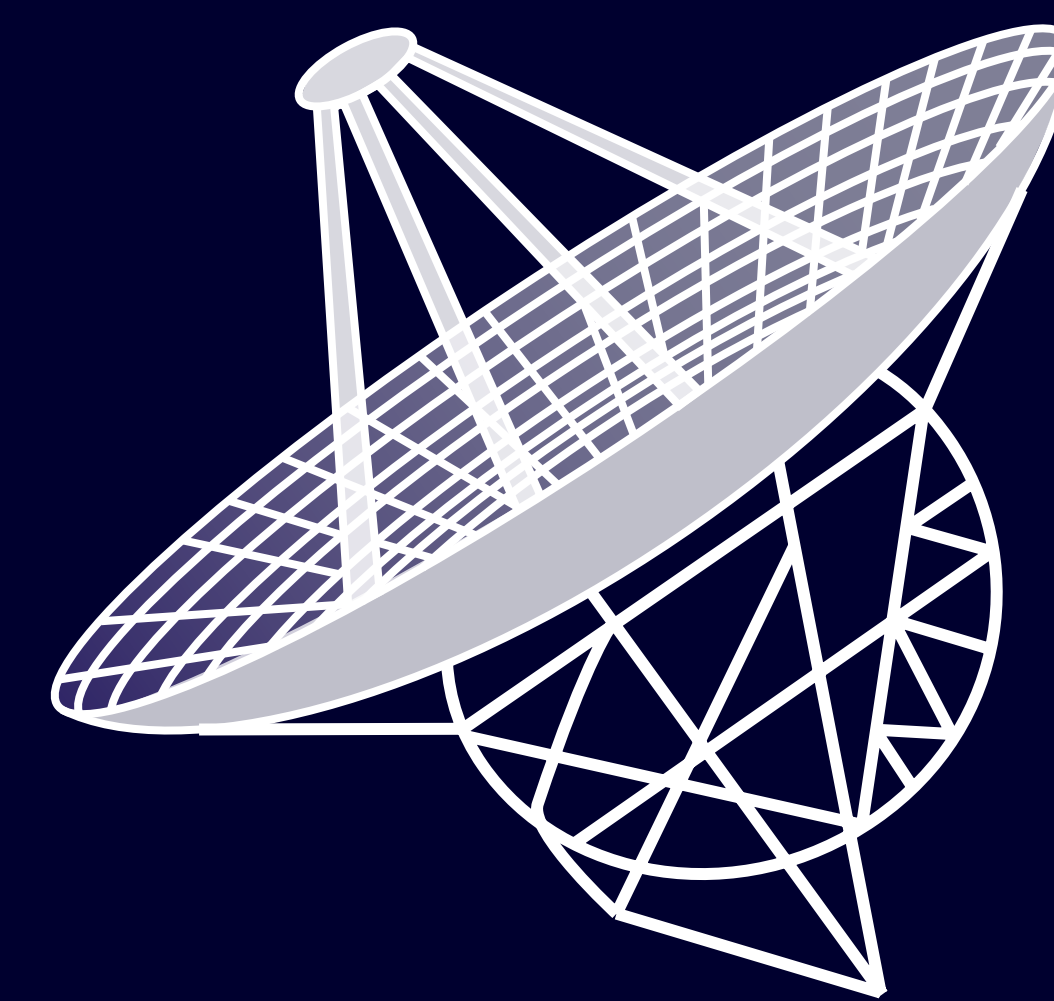
Co to jest jonosfera?

Jonosfera to warstwa górnej atmosfery zawierająca elektrony i inne elektrycznie naładowane cząstki. Zaczyna się ona około 80 km od powierzchni Ziemi. Na tej wysokości atmosfera jest tak rozrzedzona, że zawarte w niej atomy i cząsteczki wystawione są na bezpośrednie działanie wysokoenergetycznych składowych promieniowania słonecznego – promieni rentgenowskich i gamma. Powoduje to wybite części elektronów, co narusza w nich równowagę ładunku i stają się one elektrycznie naładowane. Powstaje mieszanka elektronów i jonów, zwana plazmą, która odpowiada za zdolność odbijania fal krótkich przez jonosferę. Za dnia oświetlona bezpośrednio światłem słonecznym jonosfera staje się mało stabilna i efektywność odbicia sygnału radiowego spada, natomiast w nocy uspokaja się i działa niemal jak idealne lustro. Dlatego właśnie amatorzy krótkofalarstwa wolą nawiązywać łączność na duże odległości w nocy!

W odróżnieniu od światła dźwięk nie może się rozchodzić w pustej przestrzeni, ponieważ fale dźwiękowe potrzebują ośrodka, który mógłby drgać. Słyszemy melodię graną na fortepianie, ponieważ za każdym razem, gdy pianista uderzy w klawisz, jeden z młoteczków we wnętrzu instrumentu uderza w strunę, wprawiając ją w drgania, które następnie rozchodzą się w powietrzu, dopóki nie dotrą do jakiegoś odbiornika, na przykład, ludzkiego ucha. Drgania błony bębenkowej w uchu są z kolei przekazywane poprzez kosteczki słuchowe do naszego układu nerwowego.

Czy wiesz jeszcze?
Zarówno światło, jak i dźwięk są falami, ale o zupełnie odmiennych naturze.

Dlaczego astronomowie używają jak największych teleskopów?

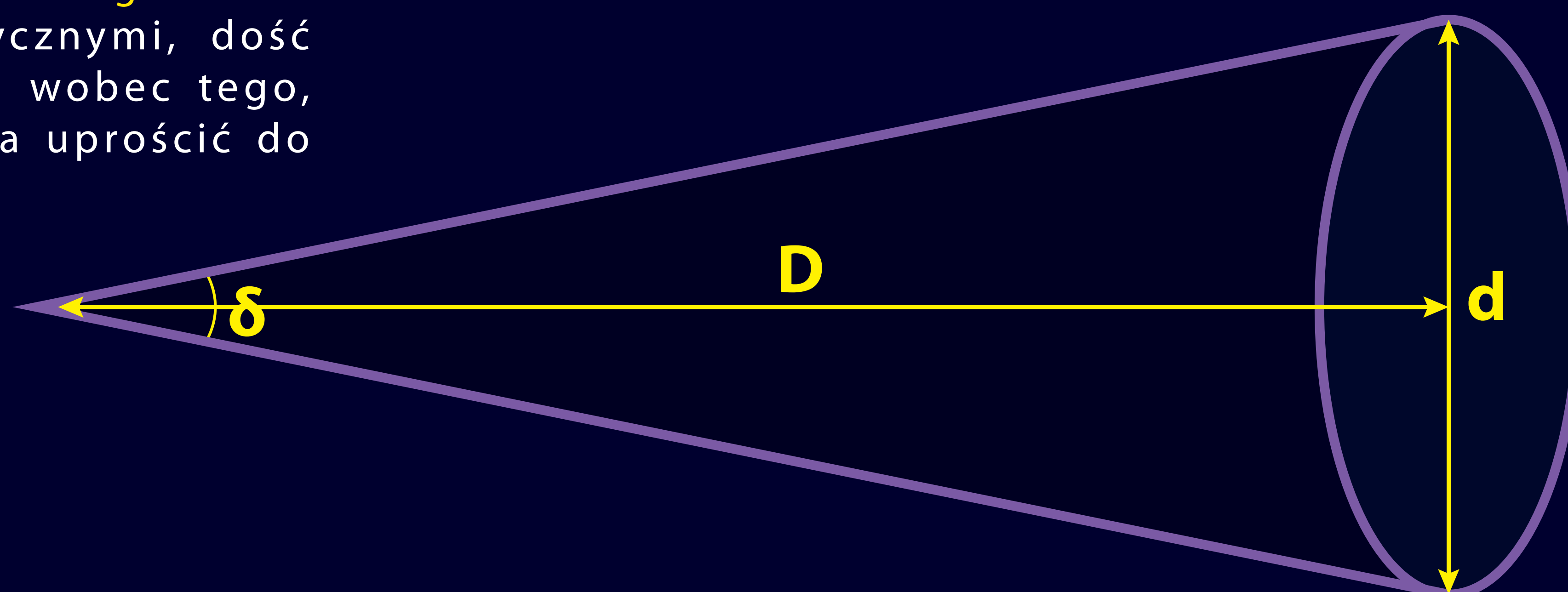


Parametrem odgrywającym istotną rolę przy obserwacjach nieba jest rozdzielczość czyli rozmiar najmniejszych detali, jakie da się zaobserwować za pomocą danego instrumentu. Rozdzielczość teleskopu θ jest proporcjonalna do długości fali λ , na której obserwujemy, a odwrotnie proporcjonalna do średnicy teleskopu. Można to ująć prosto jako:

$$\theta \propto \frac{\lambda}{\text{Średnica}}$$

Zatem im większej precyzji, tym większego musimy użyć teleskopu. Jak duża ma być jego średnica? Przeprowadźmy krótki rachunek.

Powiedzmy, że chcemy zobaczyć w miarę szczegółowo człowieka o wzroście 2 m stojącego na Księżycu, przyjmując, że jego obraz w postaci cyfrowej powinien mieć wysokość 10 pikseli. Najpierw obliczmy jego widome rozmiary, zdefiniowane jako **kąt δ** , pod jakim przedmiot o **średnicy d** widać z **odległości D** . Posługując się wzorami trygonometrycznymi, dość łatwo otrzymujemy, że $\sin(\delta) = d/D$, a wobec tego, że δ jest bardzo małe, wzór ten można uprościć do postaci $\delta \approx d/D$.



Weźmy, na przykład, **Obserwatorium Arecibo** na karaibskiej wyspie Portoryko Puerto Rico – przy średnicy 305 m, jest to największy pojedynczy teleskop, jaki kiedykolwiek zbudowano. Pozwala on obserwować szeroki wycinek nieba na falach centymetrowych. Dzięki swym imponującym rozmiarom wiele razy posłużył jako sceneria w filmach fabularnych, między innymi w „Golden Eye” z serii o Jamesie Bondzie.



Radioteleskop Arecibo

Innym przykładem jest **radioteleskop Nançay** we Francji. Położony o dwie godziny drogi na południe od Paryża w rejonie Sologne nieopodal Orleanu, ten długi na 460 m radioteleskop ma dwie duże powierzchnie odbijające – płaską o wymiarach 200x40 m i sferyczną 300x35. Centymetrowe fale radiowe odbierane są przez ruchome ognisko, umieszczone na szynach w centralnej części teleskopu. Jego zwierciadło płaskie da się przesuwac w pionie i pozwala jedynie na obserwacje obiektów przechodzących przez lokalny południk na sferze niebieskiej. Dlatego teleskop ten określa się mianem instrumentu przejściowego.



Radioteleskop Nançay

Średnica 305 m jest imponująca, ponadto technicznym wyzwaniem jest zapewnienie precyzyjnego kształtu czaszy, aby sygnały radiowe skupiane były w jednym punkcie. Czy zatem jest to szczyt tego, na co nas stać?

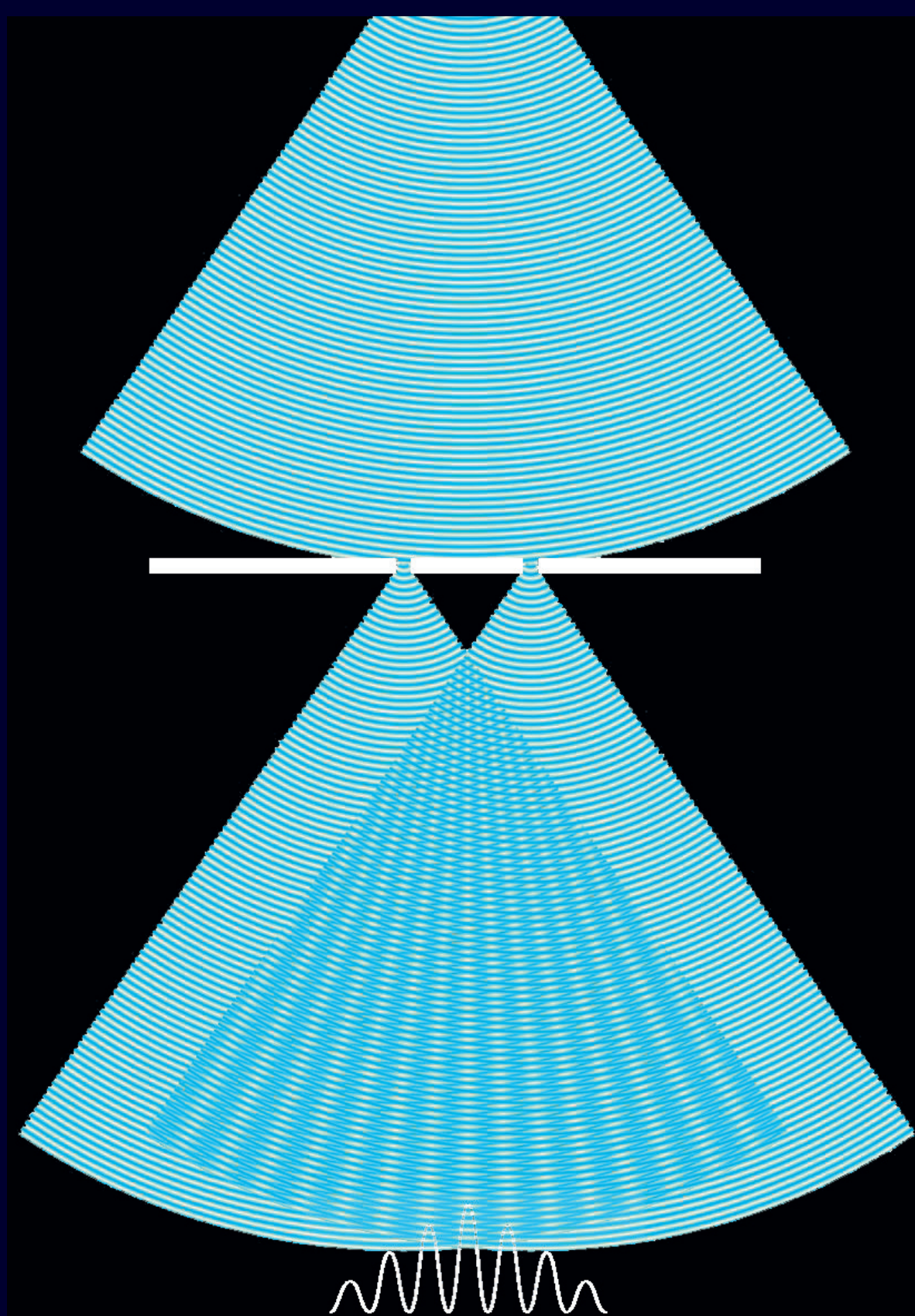
Na szczęście możemy liczyć na osiągnięcie jeszcze lepszej rozdzielczości. Istnieje technika obserwacyjna pozwalająca pokonać te ograniczenia – interferometria.

Odległość od Ziemi do Księżyca wynosi około 380 000 km

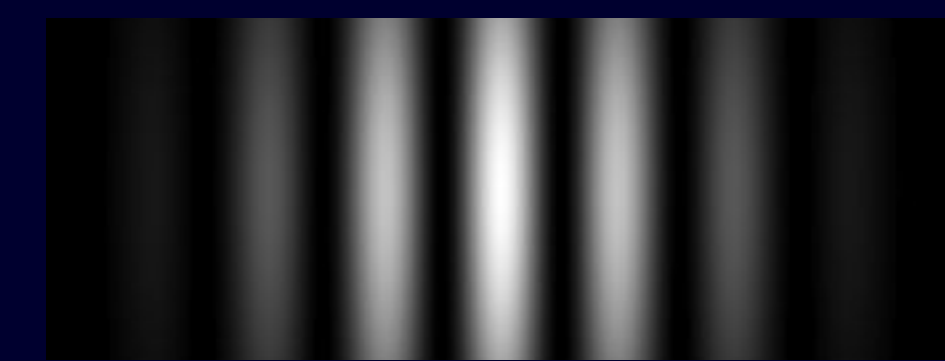
Interferometria

Lepsza, efektywniejsza, ale nieco bardziej skomplikowana!

Wobec problemów z uzyskaniem wysokiej rozdzielczości za pomocą radioteleskopów z pojedynczą czaszą zaczęto stosować inną metodę obserwacyjną, zwaną interferometrią. Aby ją zrozumieć, musimy przede wszystkim wiedzieć, na czym polega zjawisko interferencji. Wyobraźmy sobie światło jako falę. Jeśli oświetlimy powierzchnię z dwiema wąskimi szczelinami, otrzymamy następujący efekt:



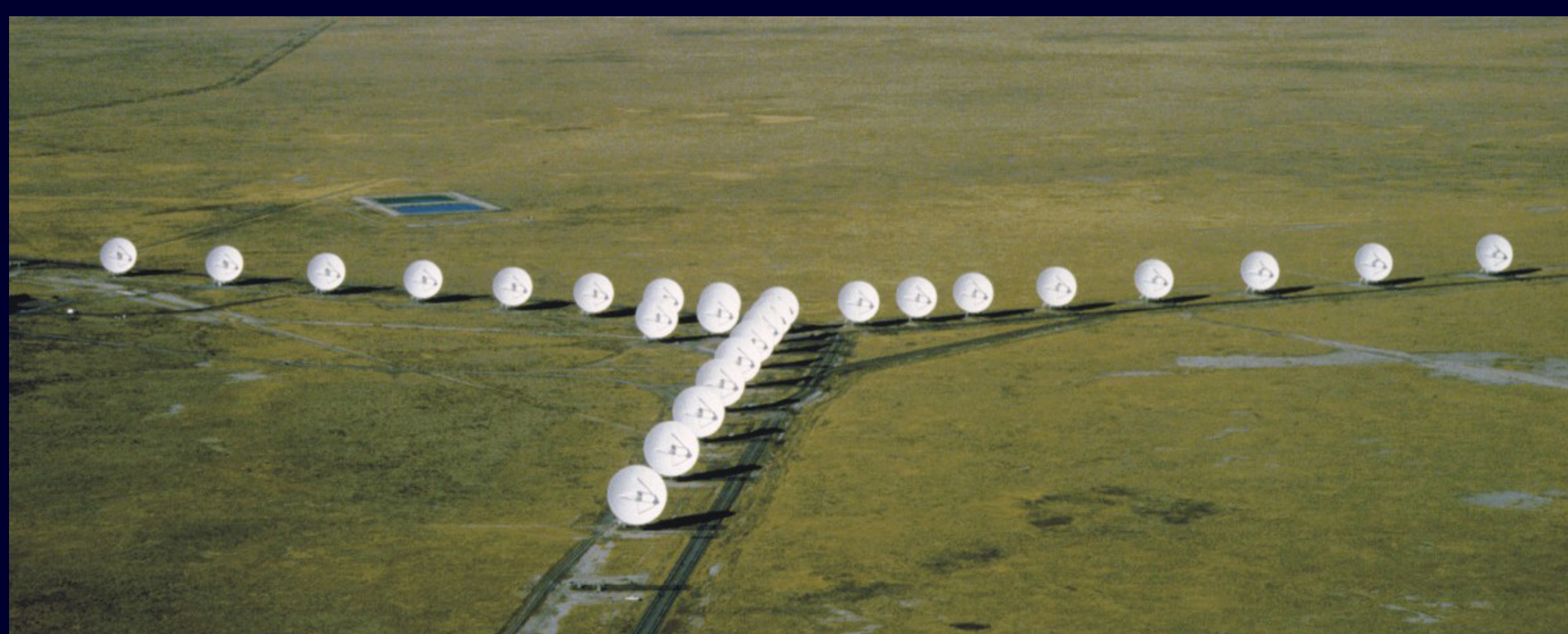
Gdy dwie fale powstałe w wyniku przejścia światła przez każdą ze szczelin nakładają się na siebie, będą się dodawać, jeśli są zgodne w fazie, bądź znosić wzajemnie, jeśli ich faza jest przeciwna. Z czymś podobnym mamy do czynienia, gdy chcemy rozbijać kogoś na huśtawce – huśtawka nabierze wysokości tylko wtedy, jeśli będziemy ją popychać w fazie z jej wahaniami. W opisanym powyżej eksperymencie ze światłem, na ekranie zobaczymy coś takiego:



Chciecie powtórzyć to sami w domu? Nie jest to trudne, jeśli macie pod ręką wskaźnik laserowy i wkłady grafitowe do ołówka. Weźcie trzy wkłady i przytrzymując je pomiędzy kciukiem a palcem wskazującym tak, by były ułożone jak najbardziej równolegle, umieśćcie na drodze wiązki świetlnej wskaźnika. Spójrzcie teraz, co widać na ścianie – tak, to jest właśnie interferencja!



Interferometr na Plateau de Bure w południowej Francji, nieopodal miasta Gap, stanowi układ sześciu anten o średnicy 15 m do obserwacji w zakresie fal milimetrowych. Umieszczone są one na szynach i ich maksymalny rozstaw może wynosić 700 m.

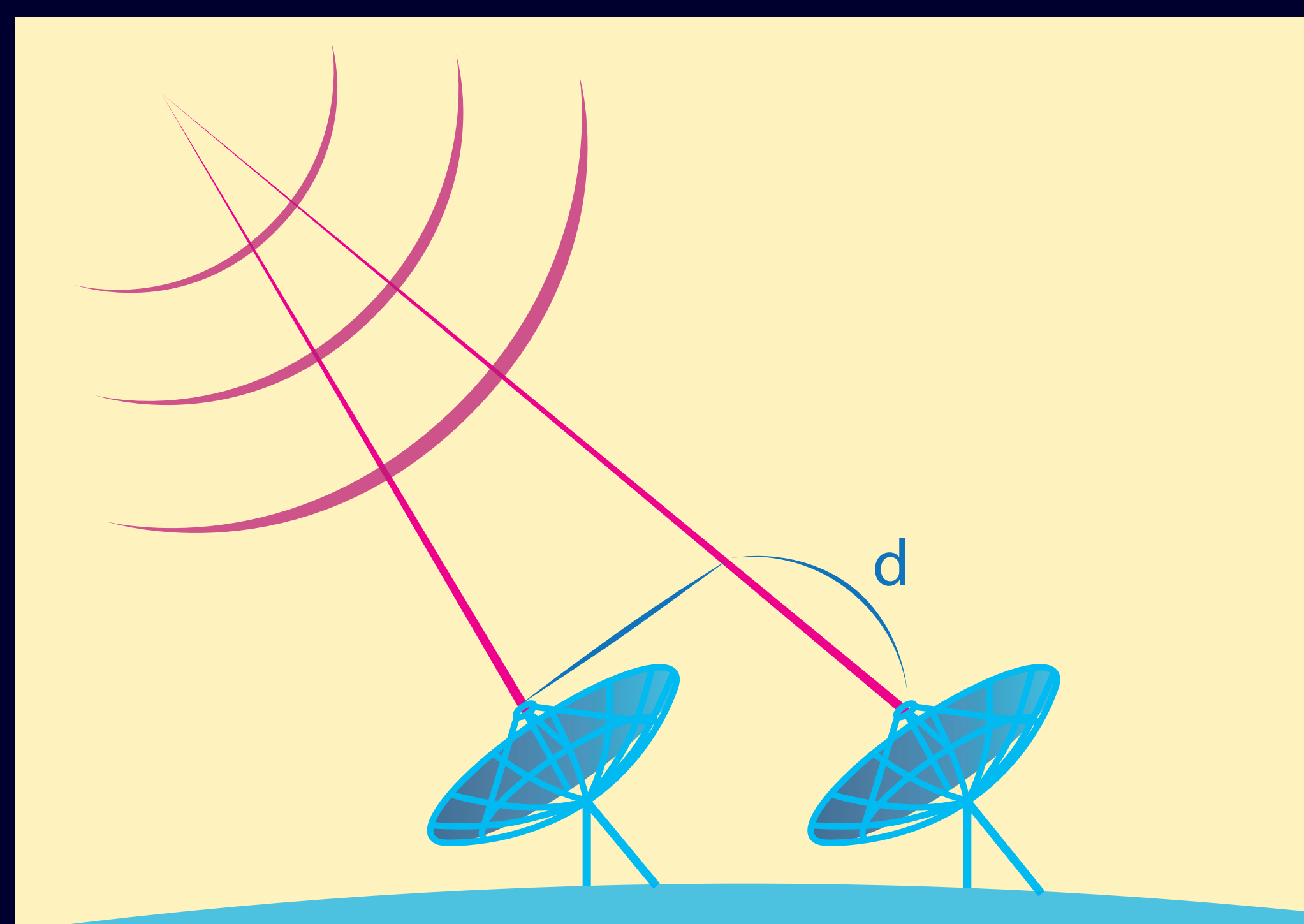


Obserwatorium Very Large Array pokazane w słynnym filmie „Kontakt”. Interferometr ten, usytuowany na pustynnych równinach stanu Nowy Meksyk, służy do obserwacji nieba na falach centymetrowych. Stanowi on układ 27 ruchomych anten, które połączone w sieć pozwalają osiągnąć niewiarygodnie dużą rozdzielczość, dzięki możliwości ustawiania w konfiguracjach o rozstawie od 1 km do 36 km!



Atacama Large Millimeter Array (ALMA) będzie początkowo składał się z 66 anten o wysokiej precyzji obserwujących wspólnie na falach milimetrowych i submilimetrowych, z możliwością dalszej rozbudowy w przyszłości. Dzięki swej wysokiej rozdzielczości i czułości ALMA pozwoli spojrzeć na Wszechświat w zupełnie nowy sposób, dając naukowcom szansę na rozwiązanie trapiących ich od dawna astronomicznych zagadek.

Jak zatem wyglądają ciała niebieskie na falach radiowych?



Prosty dwuelementowy interferometr radiowy odbiera sygnały dochodzące ze źródła raz w fazie, raz w przeciwfazie, ponieważ wskutek obrotu Ziemi zmienia się różnica pomiędzy odległościami (parametr „d” na obrazku) od radioźródła do każdego z jego elementów. Powoduje to utworzenie prążków interferencyjnych, podobnie jak w eksperymencie ze światłem widzialnym i podwójną szczeliną. Jeśli radioźródło ma skończone rozmiary kątowe, to parametr „d” jest inny w różnych jego punktach. Obserwowane prążki interferencyjne zależą zatem od rozkładu „jasności” radiowej źródła na sferze niebieskiej. W przypadku radiointerferometru o większej liczbie anten, dla każdej ich pary otrzymuje się inny rozkład prążków, co dostarcza dane pozwalające na odtworzenie rzeczywistego obrazu radioźródła.

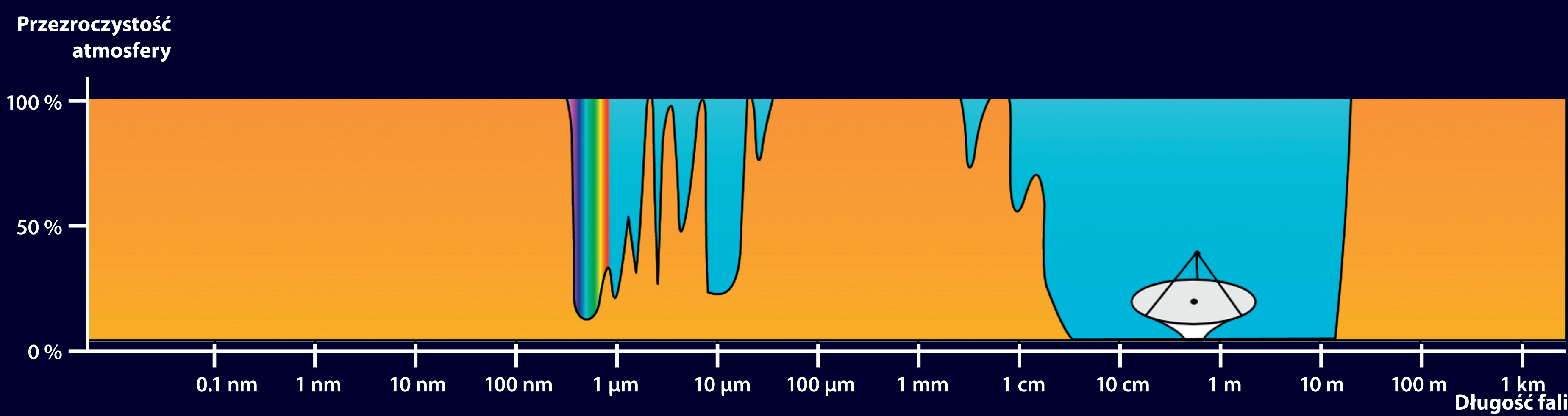
Wiemy już, że można odtworzyć obraz z prążków interferencyjnych. Ale po co właściwie się to robi? To bardzo ważne pytanie – w interferometrii rozdzielczość nie jest wyznaczana przez średnicę użytych teleskopów, lecz zależy od największej odległości pomiędzy dwoma teleskopami! Oznacza to, że interferometr, w którym rozstaw teleskopów wynosi 1 km, dostarcza obrazu równie dokładnego, jaki dawałyby obserwacje pojedynczym teleskopem o takiej średnicy czaszy!



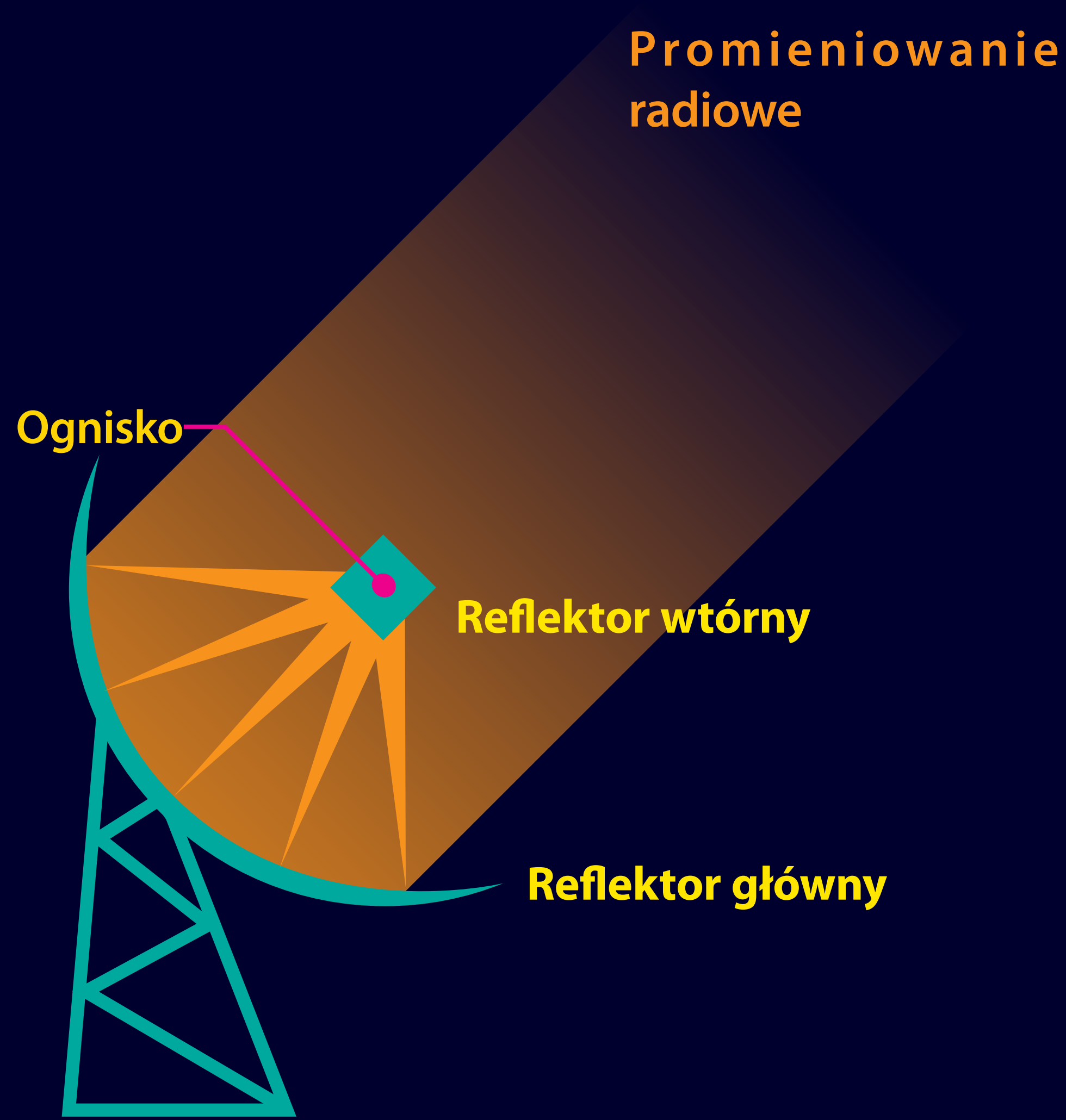
Ze sfery niebieskiej do komputera: Autostopem po radiowym Wszechświecie



Jak widać na obrazku, atmosfera jest przezroczysta dla większości fal z zakresu radiowego. Oznacza to, że **obserwacje mogą być prowadzone w dzień!** Radioastronomowie nie mają lekko - nie ma kiedy się wyspać...



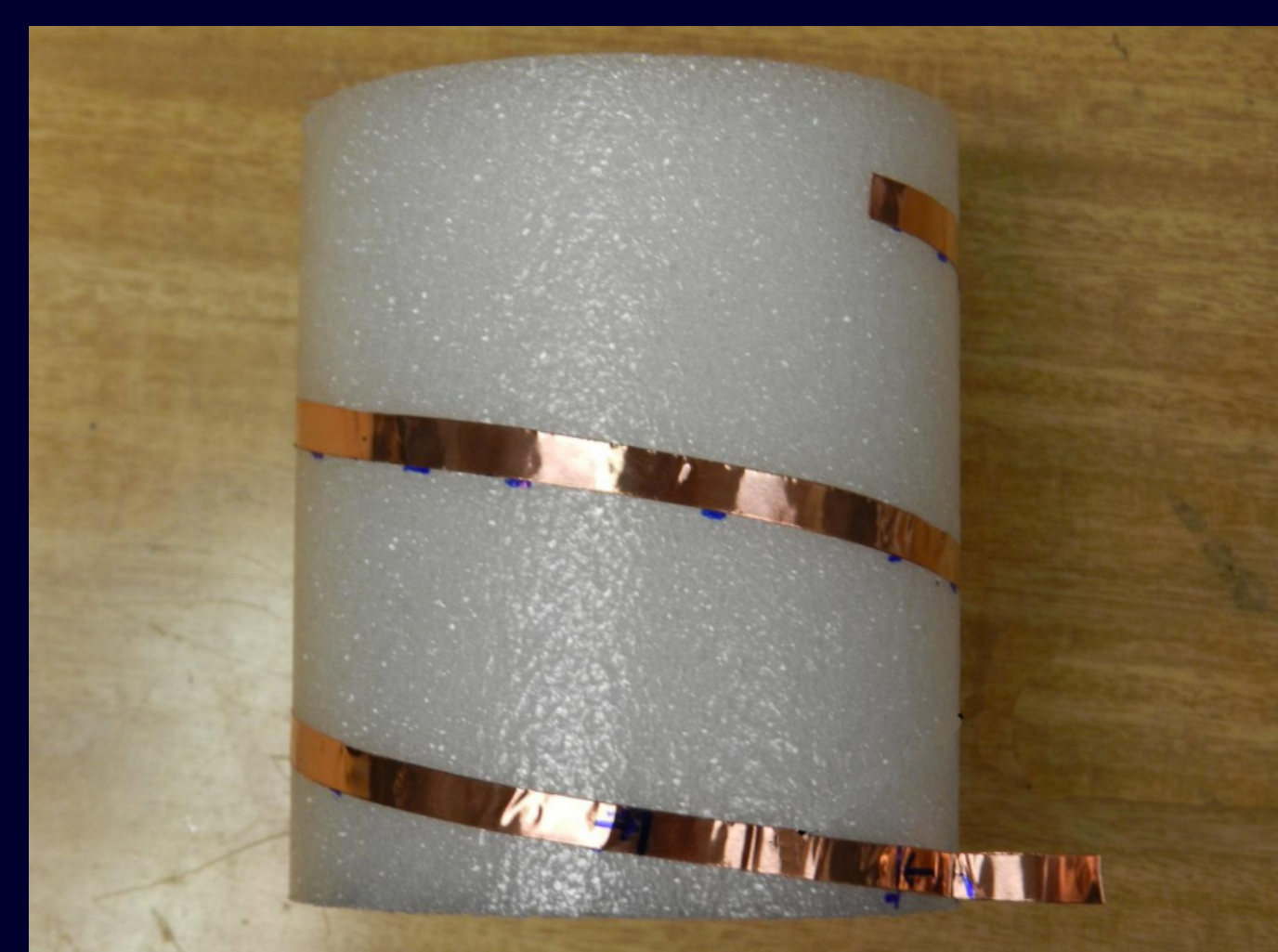
Do zbierania sygnału służy pierwotny reflektor radioteleskopu. Zazwyczaj ma on kształt paraboliczny, jakkolwiek zdarzają się czasze sferyczne. **Istotną właściwością reflektora pierwotnego jest to, że skupia on fale radiowe w jednym punkcie, zwanym ogniskiem.** W ognisku umieszcza się odbiornik końcowy bądź kolejne zwierciadło, zwane reflektorem wtórnym, które kieruje sygnał do odbiornika.



Z czego składa się odbiornik?

Chcąc wniknąć w techniczne aspekty obserwacji radiowych, powinniśmy poznać nieco używanego słownictwa. Praktyczniej jest operować pojęciem częstotliwości, a nie długości fali, ponieważ aparatura odbiorcza próbkuje odbierany sygnał z określoną częstotliwością. Jeśli sygnał radiowy opiszemy również w kategoriach częstotliwości, wygodniej jest wtedy porównywać obydwa te parametry. Przeliczenie długości fali na częstotliwość jest łatwe – wystarczy zastosować prosty wzór $f=c/\lambda$, gdzie c jest prędkością światła).

Pierwszym elementem systemu odbiorczego jest **niewielka antena**, która może mieć różny kształt w zależności od długości fali. Na przykład dla mikrofal w zakresie milimetrycznym anteną stanowi tuba o pofalowanych ściankach podłączona do falowodu. Dla fal dłuższych, na przykład centymetrycznych, wystarczy użyć pojedynczego przewodu miedzianego.



Przewód miedziany do odbioru fal centymetrycznych.

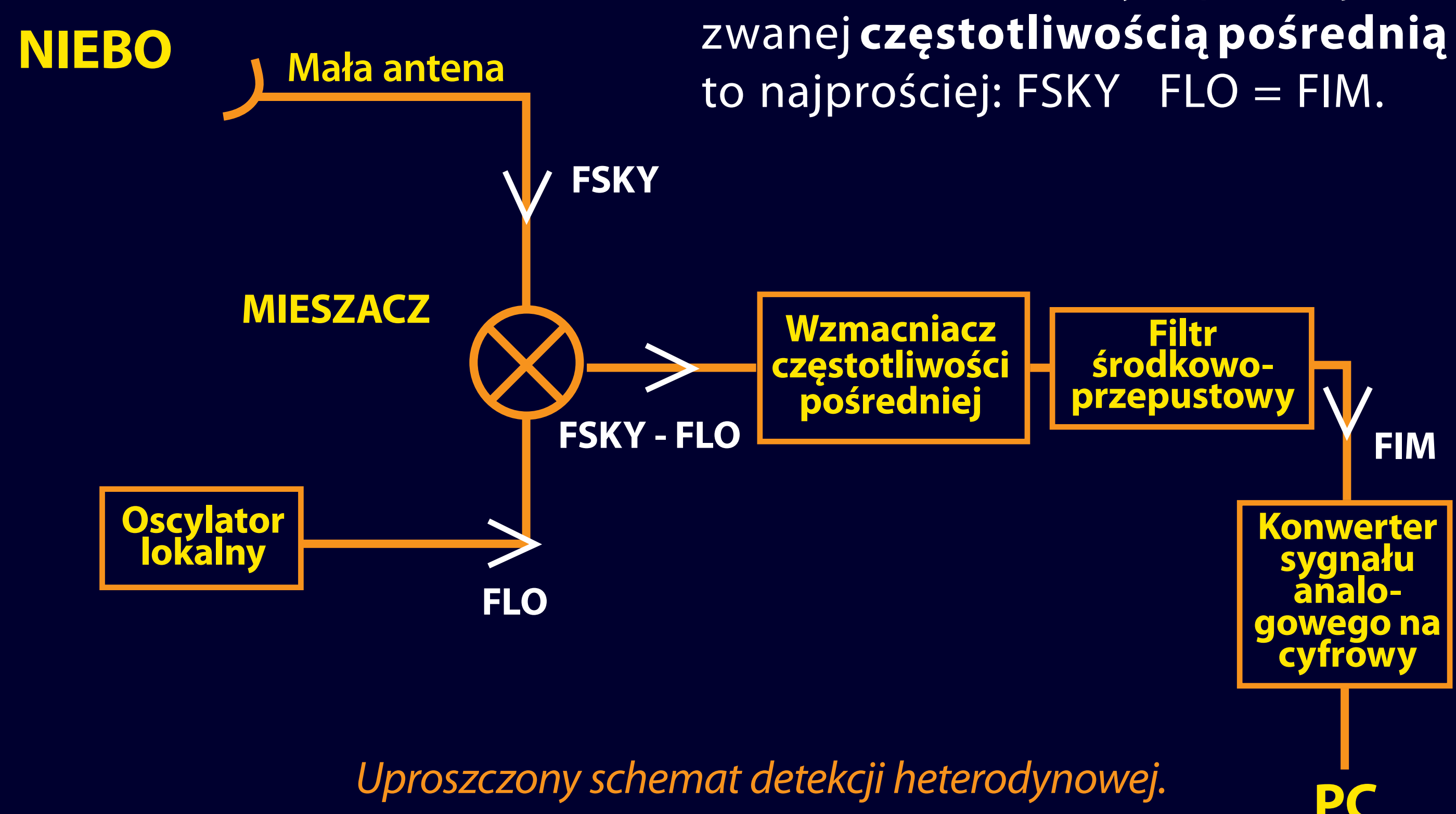


Karbowana antena stożkowa do odbioru mikrofal.

Mała antena jest z kolei podłączona do filtra, który przepuszcza pewien zakres częstotliwości wokół wartości wybranej do obserwacji. Na wyjściu z niego sygnał ulega wzmocnieniu we wzmacniaczu wysokiej częstotliwości. Po wzmocnieniu napotykamy problem, jak przekształcić sygnał analogowy (zmieniające się w sposób ciągły napięcie) na cyfrowy (zakodowane dane). Okazuje się, że częstotliwości źródła są zbyt wysokie, by dało się je próbować nawet przy użyciu najnowocześniejszych, drogich konwerterów... Ale nasuwa się tu proste rozwiązanie – a może tak przetransponować sygnał na niższą częstotliwość, którą można by łatwo analizować? Metoda ta nosi nazwę **detekcji heterodynowej** i jest często stosowana do odbierania sygnału radiowego nie tylko w radioastronomii, lecz również w telekomunikacji.

W przypadku **detekcji heterodynowej** odbierany sygnał jest mieszany ze znanym sygnałem pochodzącym ze stabilnego generatora, zwanego **oscylatorem lokalnym**.

Oscylator lokalny ma częstotliwość FLO tego samego rzędu co częstotliwość sygnału z radioteleskopu FSKY i może być dostrojony tak, by różnica pomiędzy FLO i FSKY równa była pewnej ustalonej wartości, zwanej **częstotliwością pośrednią FIM**. Wyrażając to najprościej: $FSKY - FLO = FIM$.



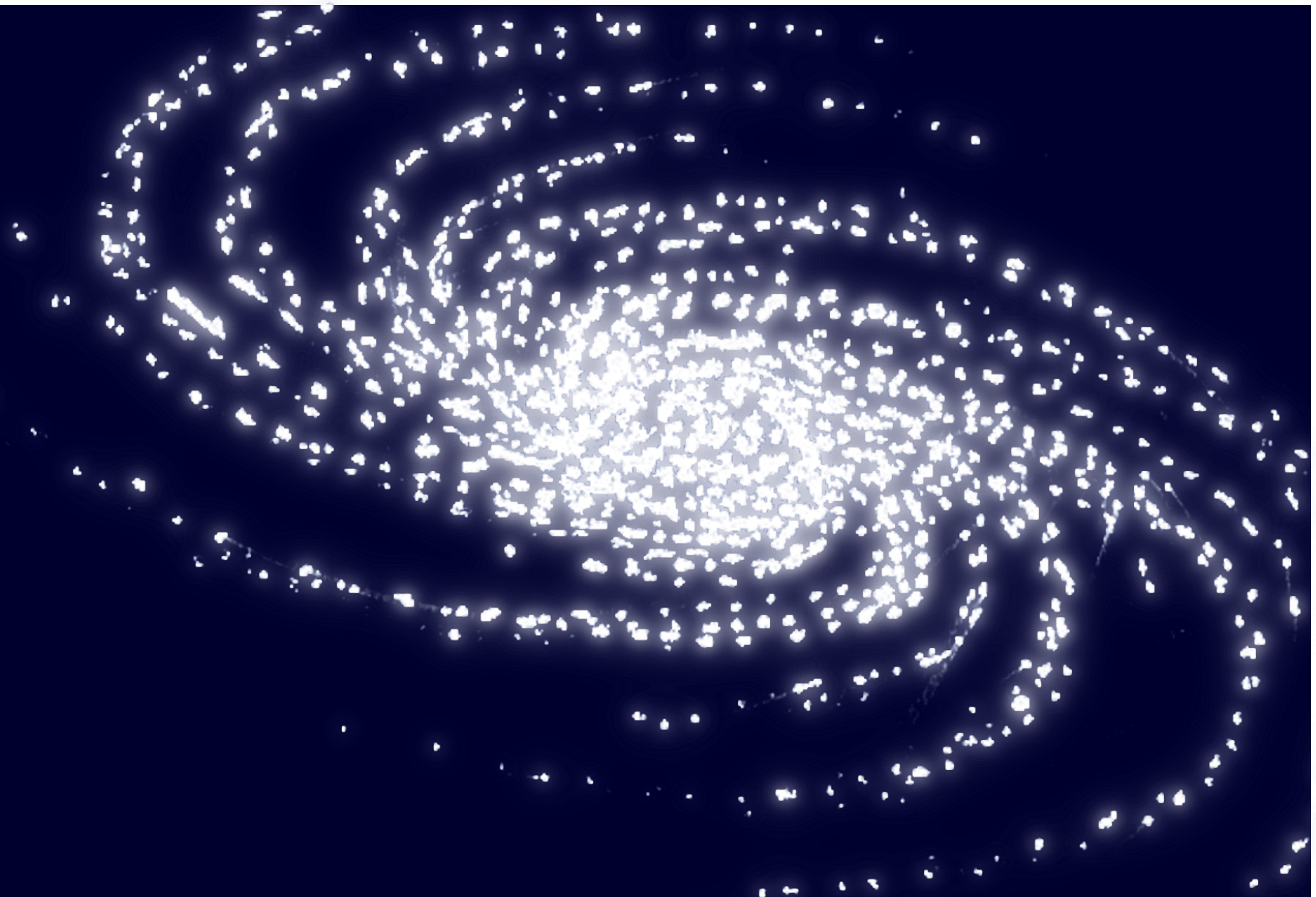
Uproszczony schemat detekcji heterodynowej.

Częstotliwość pośrednia może być próbkowana przy użyciu tańszych urządzeń, które mają prostszą budowę i są bardziej niezawodne. Po przetworzeniu na bity sygnał może być analizowany komputerowo, a następnie łatwo przywrócony do rzeczywistej częstotliwości przez dodanie FLO.

Gdy nasz sygnał mamy już w komputerze, możemy zabrać się do uprawiania nauki!

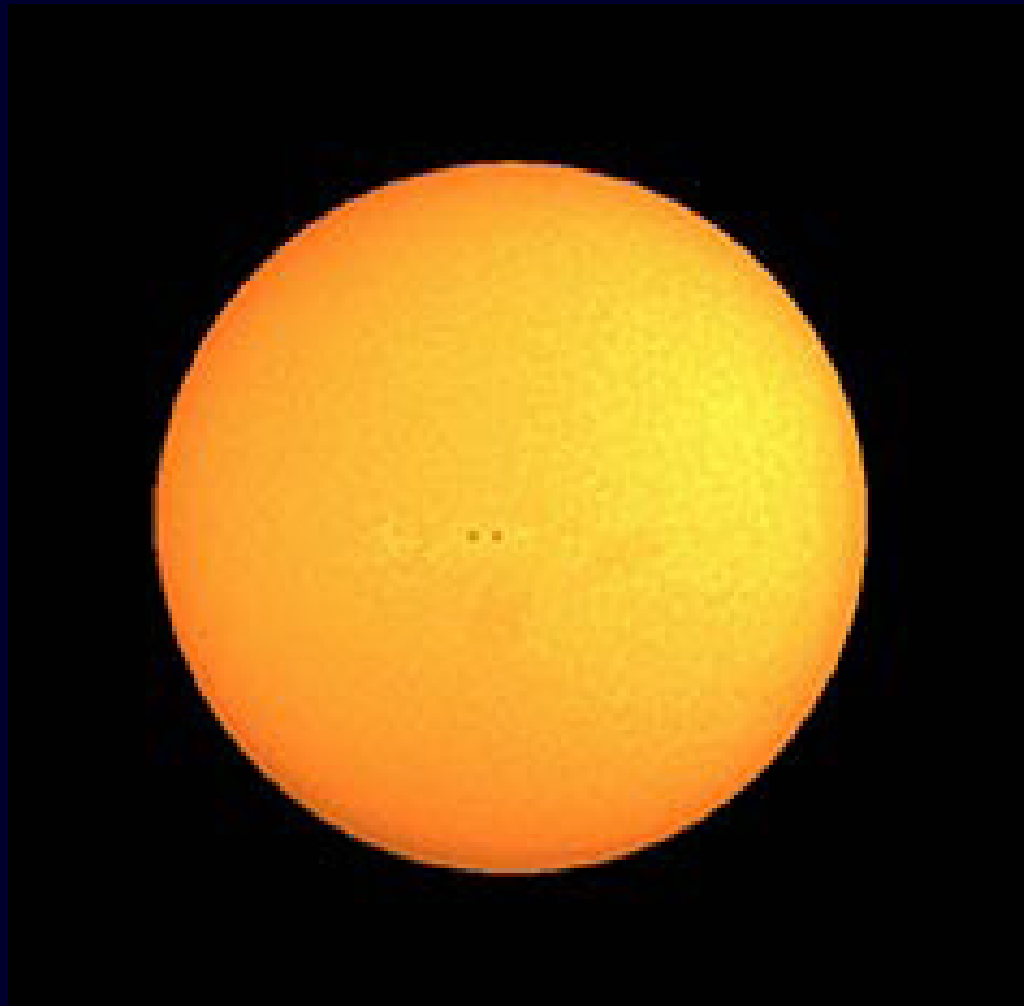
Radioźródła we Wszechświecie

Co promieniuje radiowo na niebie?

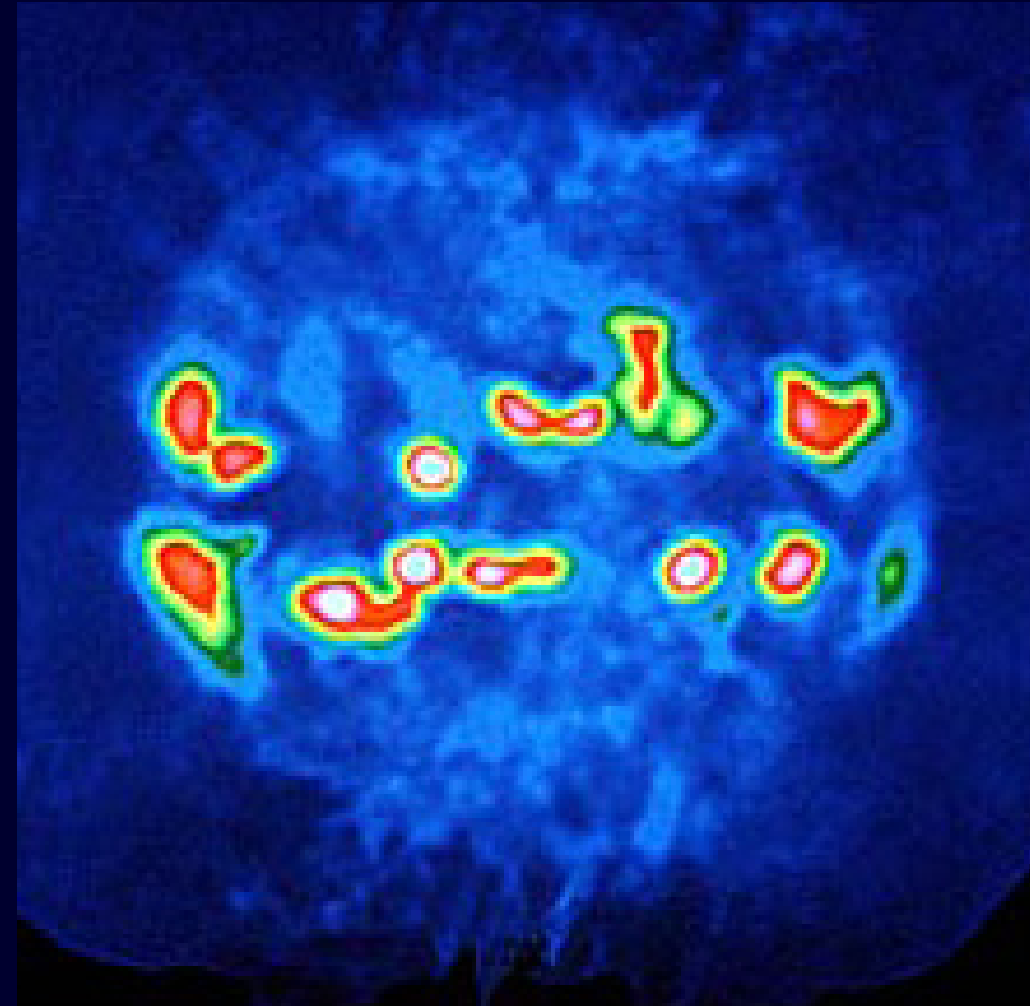


Słońce

jest jednym z najbliższych radioźródeł. Większość jego emisji radiowej pochodzi z korony, warstwy leżącej ponad fotosferą, gdzie występują duże ilości cząstek naładowanych, tworzących to, co określamy jako plazmę. Silnym źródłem fal radiowych mogą być również burze magnetyczne, które widać w postaci plam na powierzchni Słońca.



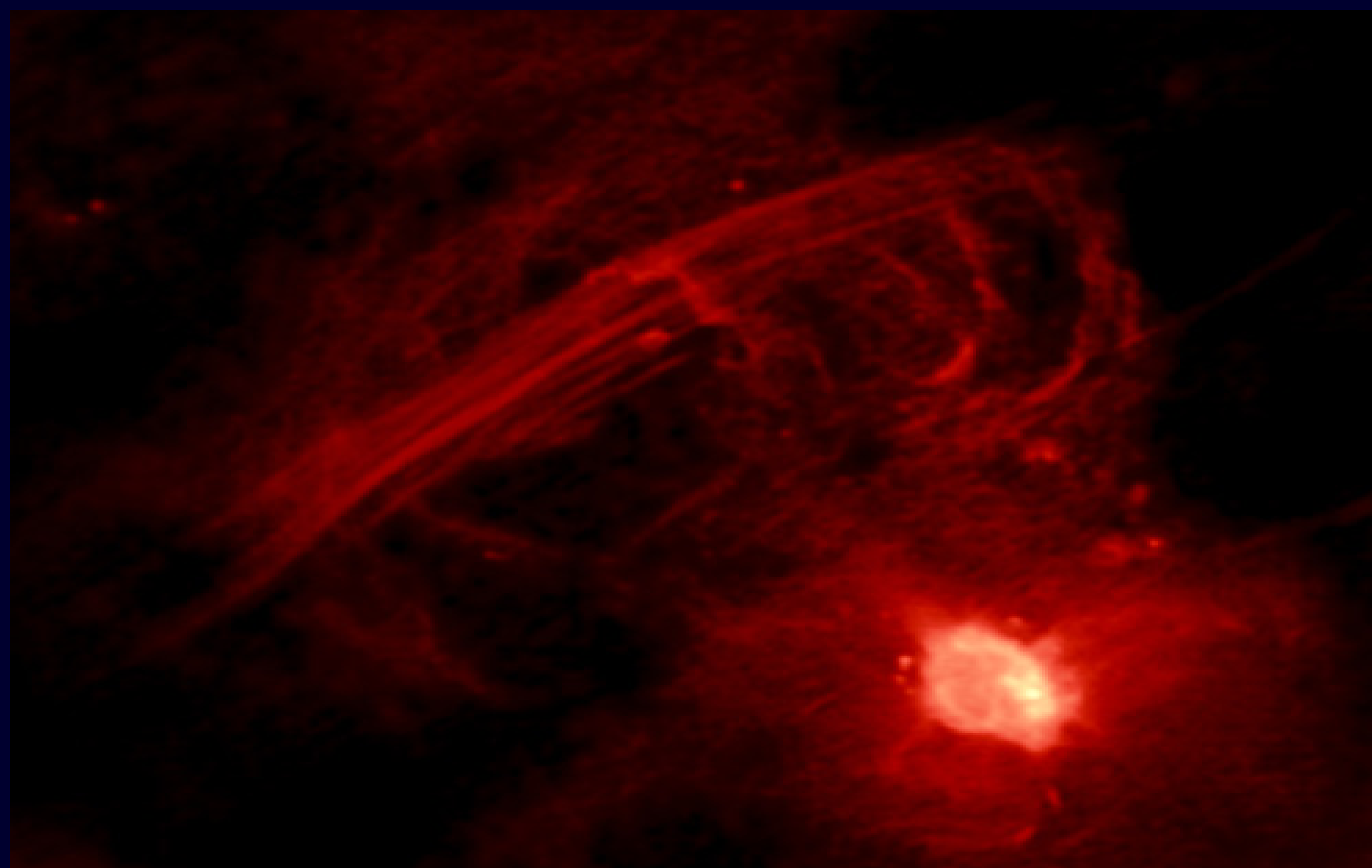
Słońce tak, jak je widzi ludzkie oko. W czasie wykonywania tego zdjęcia w środku tarczy są dwie ciemne plamy słoneczne.



Słońce obserwowane na falach radiowych. Plamy słoneczne na równiku to miejsca silnej emisji radiowej (zaznaczone na czerwono).

Centrum Galaktyki:

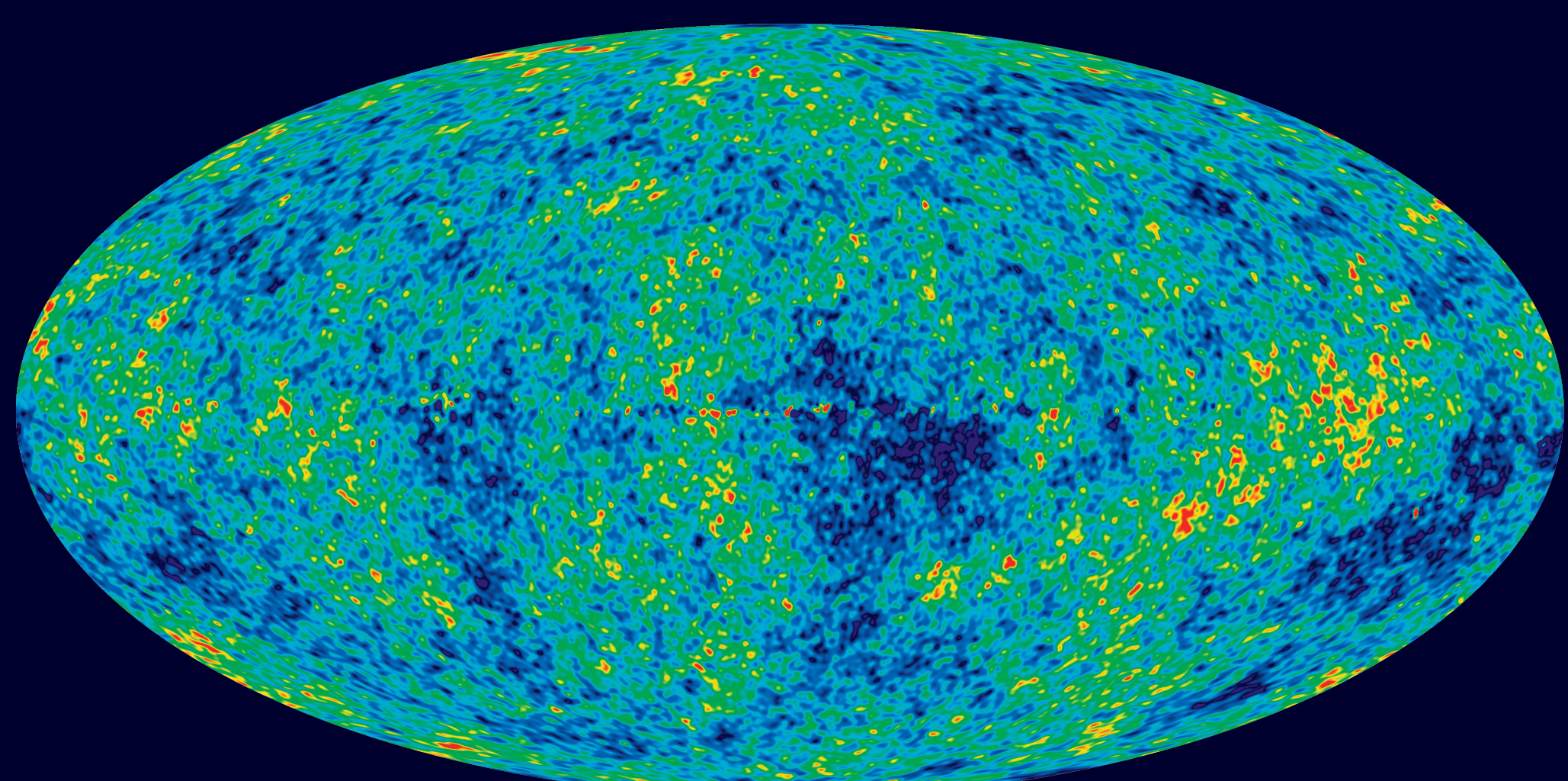
jądro Drogi Mlecznej było pierwszym radioźródłem zaobserwowanym przez Karla Jansky'ego w 1932 roku. Zawiera ono szereg radioźródeł, w tym Sagittarius A i supermasywną czarną dziurę Sagittarius A*.



Na obrazie tym uzyskanym przy użyciu VLA widać spektakularną strukturę włóknistą położoną w kierunku jądra Galaktyki (jasna kropka) obserwowaną na falach centymetrowych. Źródłem tej emisji jest plazma, która porusza się wzdłuż linii pola magnetycznego, tworząc formacje łukowe. (Udostępnione przez NRAO/AUI/NSF/F. Zadeh et al.)

Modele kosmologiczne

przewidywały, że jeśli Wszechświat rozpoczął się od Wielkiego Wybuchu, to powinien po tym pozostać ślad w postaci promieniowania. Kosmiczne mikrofalowe promieniowanie tła zostało odkryte w 1964 roku przez amerykańskich radioastronomów Arno Penziasa i Roberta Wilsona. Za to pierwsze jednoznaczne obserwacyjne potwierdzenie teorii Wielkiego Wybuchu otrzymali oni w 1978 roku Nagrodę Nobla.



Rozkład kosmicznego mikrofalowego promieniowania tła na falach milimetrycznych sporządzony na podstawie obserwacji przeprowadzonych przy użyciu satelity WMAP

Pulsary

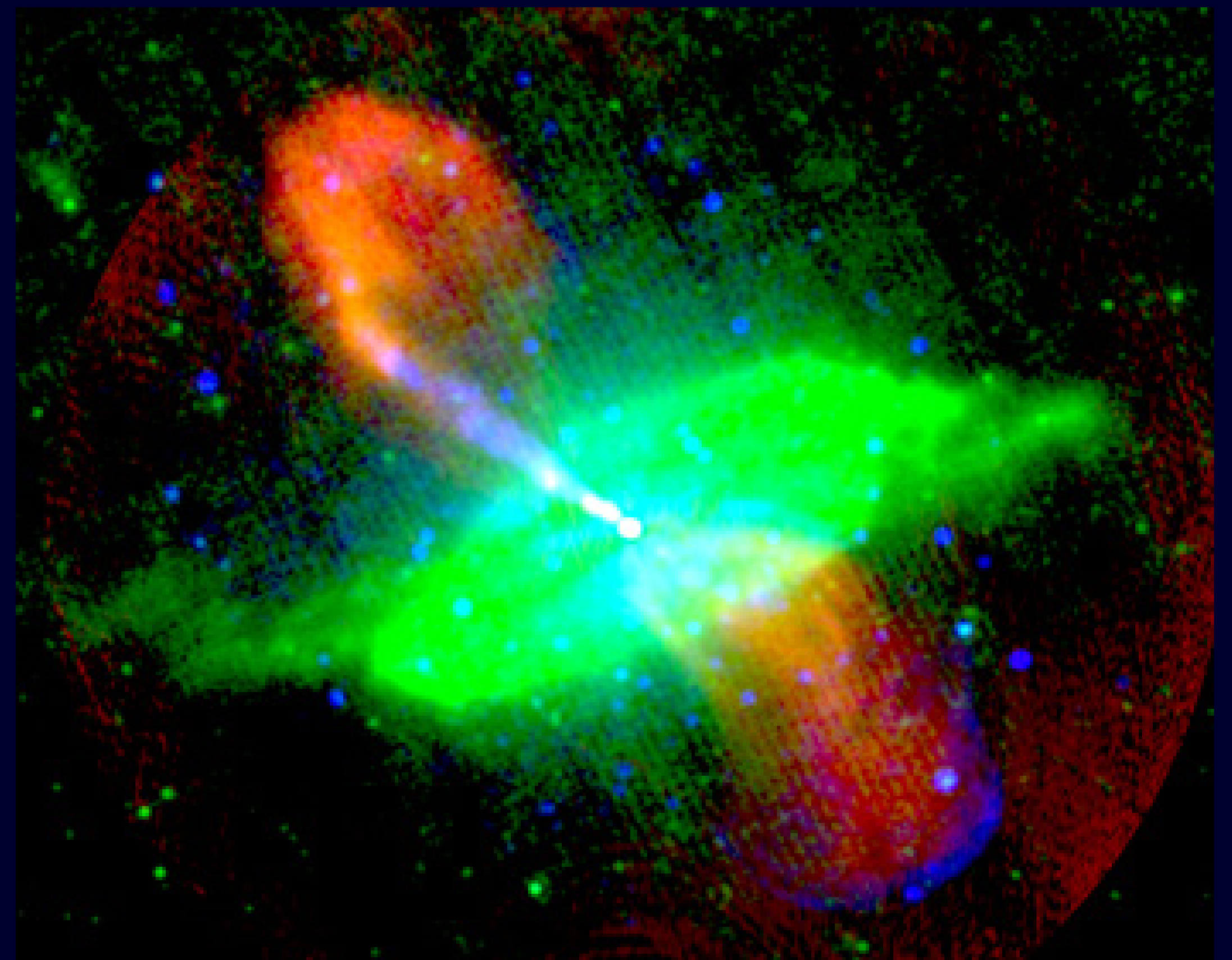
to takie kosmiczne radiolaternie. Niczym wirujący błądź, pulsar nieprzerwanie obraca się wokół swej osi. Wiązka fal radiowych emitowana przez pulsar obraca się razem z nim, na podobieństwo światła latarni na brzegu morskim. Na Ziemi odbieramy to jako krótkie przerywane sygnały („pi, pi, pi!”). W naszej Galaktyce zaobserwowano prawie 2500 pulsarów, a w całym Wszechświecie są ich miliardy.



Efekt latarni morskiej w pulsarze.

W skład galaktyk

wchodzi oprócz gwiazd gorący gaz, świecący w promieniach rentgena, ciepły gaz emitujący m.in. radiowo, chłodny gaz oraz pył, który świeci w podczerwieni. Niektóre galaktyki wykazują nadzwyczaj silną emisję radiową, pochodzącą z ich aktywnych jąder. Są to tak zwane radiogalaktyki.

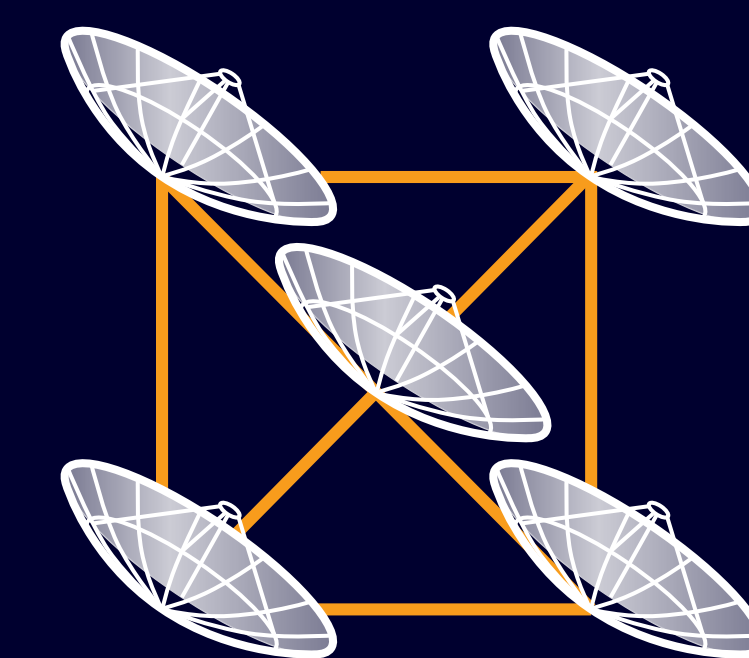


Sporządzony w fałszywych barwach obraz najbliższej radiogalaktyki Centaurus A z zaznaczonymi obszarami emisji radiowej (czerwony), podczerwonej (zielony) i rentgenowskiej (niebieski).

Czy wiesz jeszcze?

W roku 1054 p.n.e Chińczycy zobaczyli na niebie nową jasną gwiazdę – był to wybuch supernowej. W ponad tysiąc lat później obserwujemy w tym miejscu przepiękną mgławicę, zwaną mgławicą Krab. Kryje ona w sobie gwiazdę szczególnego typu - pulsara.

Komputer w służbie nauki: Jakich danych dostarcza sygnał radiowy?

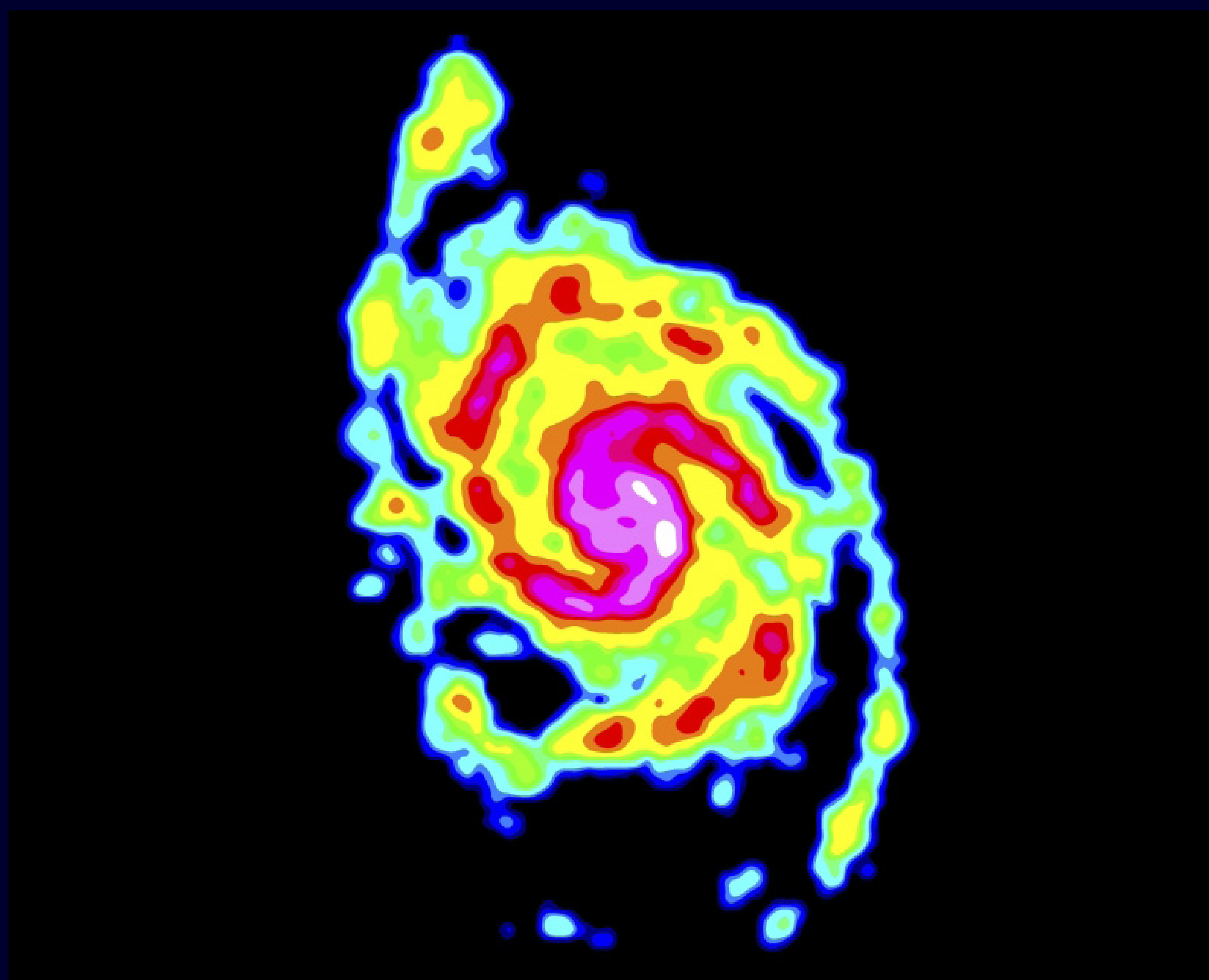


Co możemy odczytać z obserwacji na falach radiowych?

Jak już wiemy, rozdzielczość radioteleskopu jest niezbyt imponująca, o ile nie jest to olbrzymi teleskop z czaszą o średnicy 300 m bądź interferometr. Na przykład trzymetrowy radioteleskop, jak ten używany w ramach projektu EU HOU, ma rozdzielczość rzędu 5°. To jest dziesięciokrotnie więcej niż rozmiary kątowe Słońca!

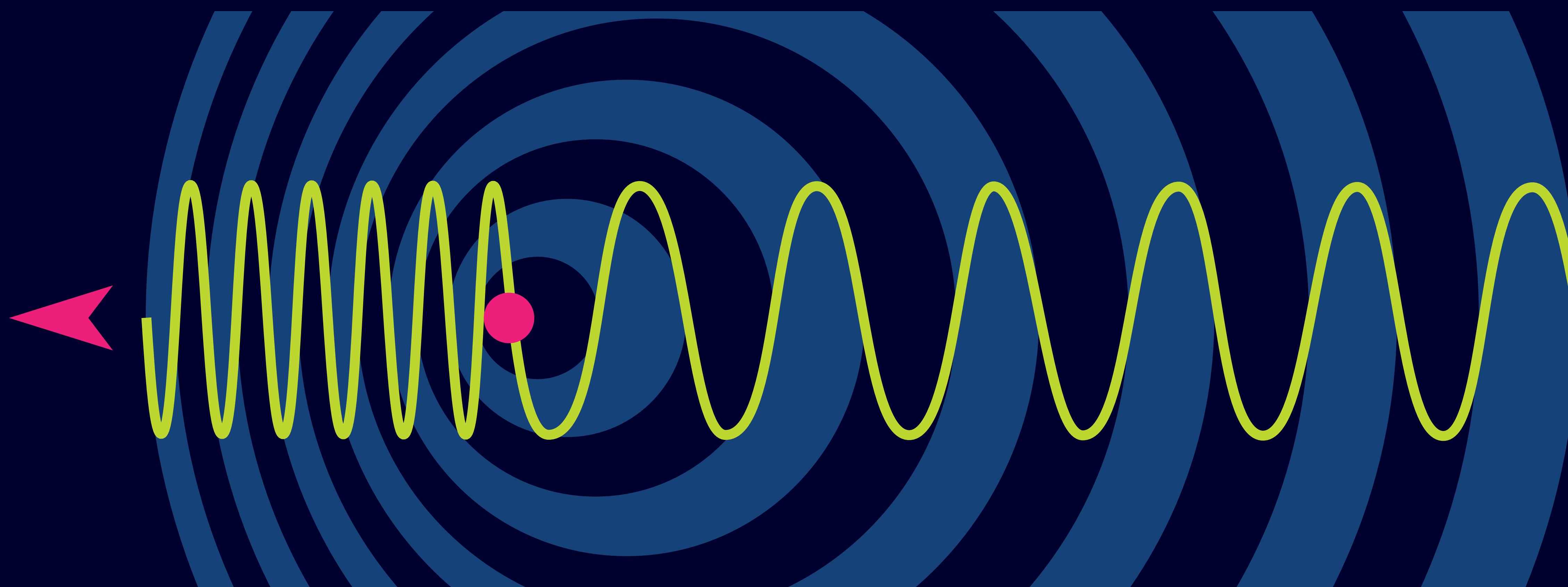
A zatem nici z obrazu?

W przypadku teleskopu 3 m niestety tak. Natomiast przy użyciu interferometru, w rodzaju tego, który znajduje się na Plateau de Bure, możemy uzyskać przepiękne obrazy, takie jak na przykład ten obok. Pokazuje on zawartość molekuł związków chemicznych w jednej z pobliskich galaktyk, zwanej galaktyką Wir. Nasze oczy nie rejestrują emisji radiowej, lecz astronomowie wykorzystują paletę barw do lepszego zwizualizowania danych: kolorem niebieskim zaznaczają niskie natężenie promieniowania, a czerwonym – wysokie. Oznacza to, że w obszarach o najsilniejszej czerwonej barwie jest wyjątkowo dużo molekuł!



Czy zatem nie ma żadnych szans na uzyskanie jakichś interesujących danych naszym trzymetrowym radioteleskopem? Ależ skąd! Rozdzielczość to nie jedyna rzecz atrakcyjna dla astronomów. W radioastronomii można mierzyć bardzo istotną fizyczną właściwość obserwowanego źródła, jaką jest jego prędkość. W jaki sposób?

Dzięki zjawisku Dopplera! Zjawiskiem Dopplera nazywamy zmianę długości fali w przypadku, gdy obserwator porusza się względem jej źródła. Z efektem tym mamy do czynienia, gdy samochód używający syreny lub klaksonu przybliży się, miją nas, a następnie oddala. To jest właśnie ten dźwięk iiiiizziiuuuuuuu, jaki wówczas słyszymy. Światło, które jest również falą, zachowuje się tak samo.



Gdy źródło fali świetlnej przybliży się do nas, obserwujemy zmniejszenie jej długości. Jeśli była to pierwotnie fala światła żółtego, to jej barwa przechodzi w niebieską. Nazywamy to przesunięciem ku błękitowi. Natomiast gdy mamy do czynienia ze źródłem oddalającym się, zachodzi efekt odwrotny i fala wydłuża się. Barwa żółta zmienia się w czerwoną. To jest właśnie przesunięcie ku czerwieni!

Zatem zjawisko Dopplera dostarcza informacji o prędkości źródła. Widać na przykład czy gwiazda oddala się czy też przybliża do nas, można też obliczyć jej prędkość wzdłuż linii widzenia.

Jest to bardzo użyteczne, ponieważ znając właściwości kinematyczne obserwowanego ciała niebieskiego, jesteśmy w stanie próbować odtworzyć jego zachowanie za pomocą programów komputerowych. Nazywa się to **modelowaniem**. Stworzywszy model komputerowy, który pasuje do dotychczasowych obserwacji, możemy go użyć do odtworzenia ewolucji naszego źródła bądź tego, co stanie się z nim za miliard lat.

Radioteleskop o średnicy 3 m pozwala na przykład obserwować emisję linii wodoru atomowego na długości fali 21 cm. Gdy nakierujemy go na Drogę Mleczną, otrzymamy rozkład gęstości neutralnego wodoru w zależności od jego prędkości. Jeśli na naszej linii widzenia znajdują się dwa spiralne ramiona Galaktyki poruszające się z różną prędkością, rozkład ten będzie wykazywał dwa maksima, odpowiadające prędkości każdego z tych ramion.

Zatem obserwacje radiowe pozwalają wykazać, że Droga Mleczna ma strukturę spiralną. Nieźle, prawda?

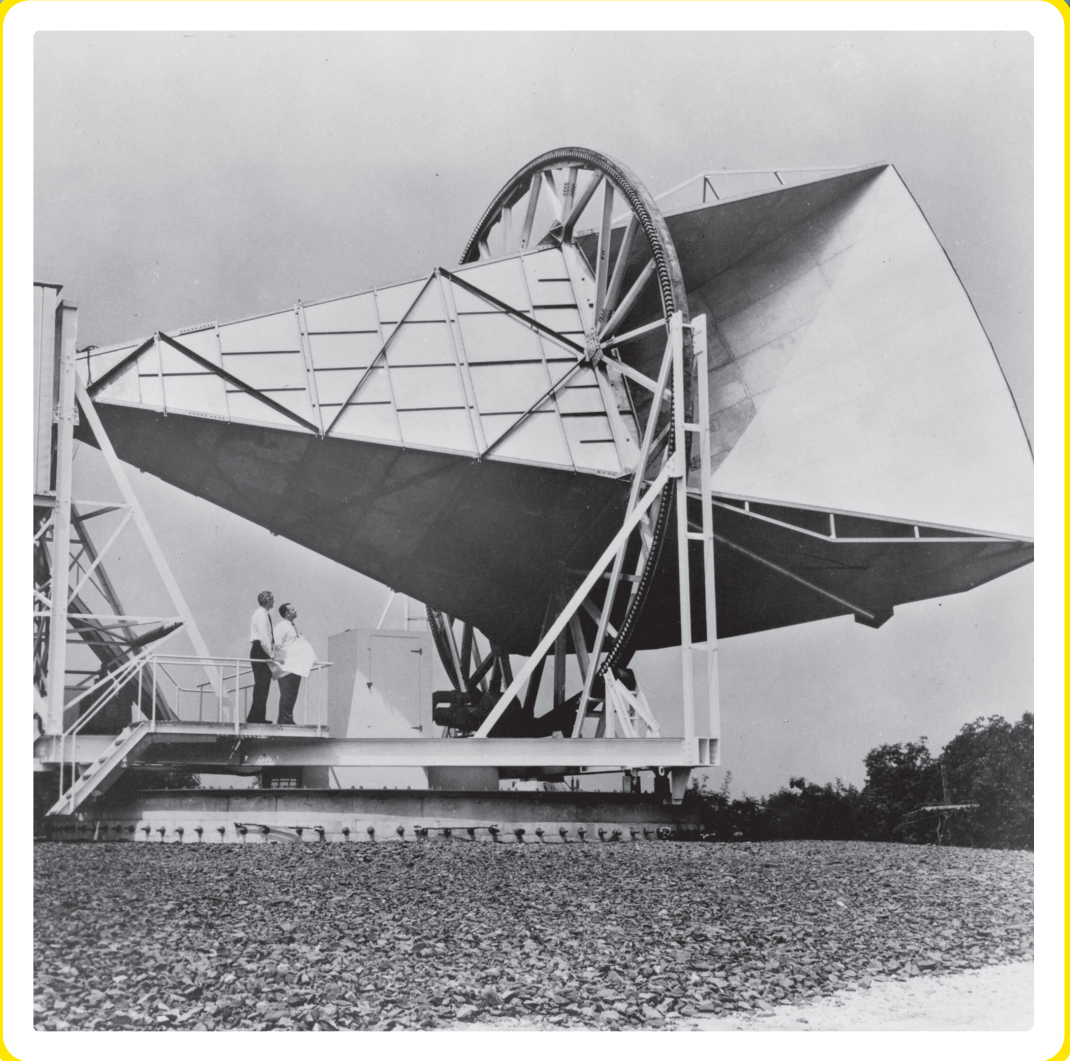
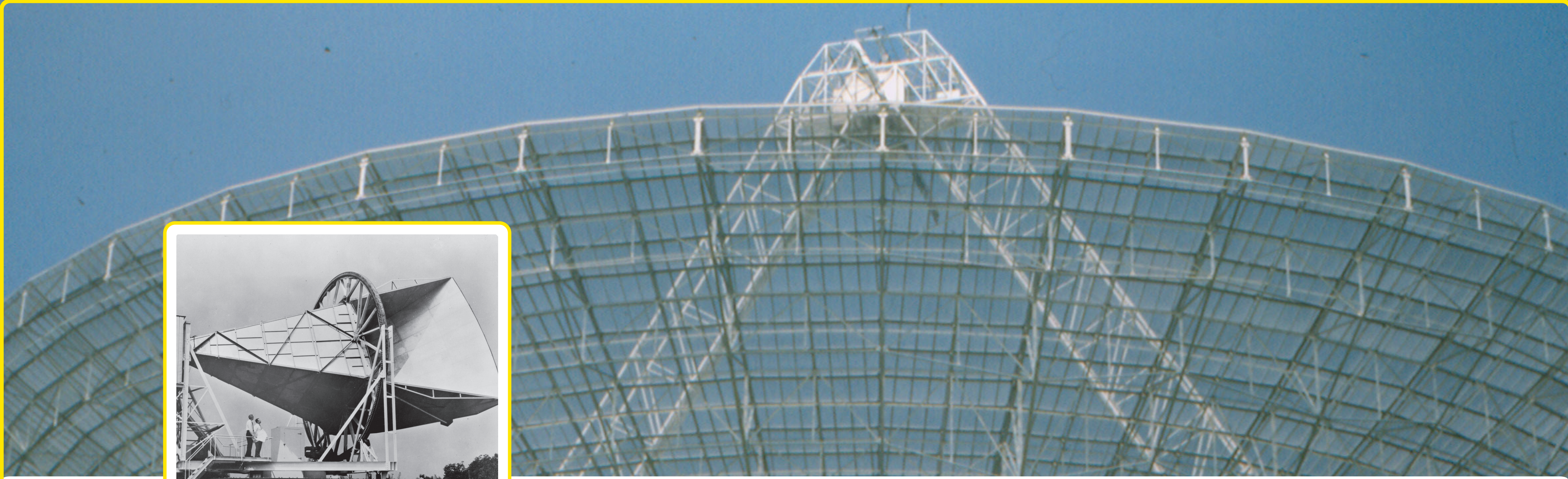
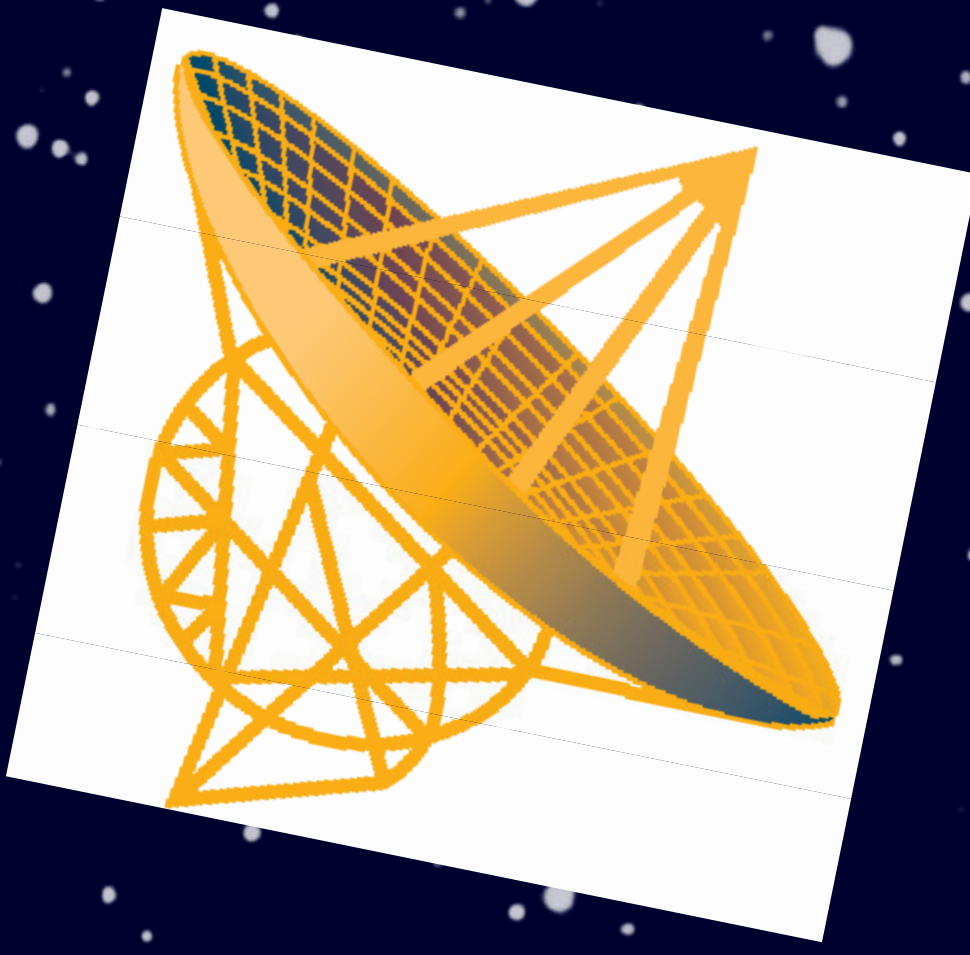


Chcielibyście wykonać takie obserwacje samemu? Da się zrobić!

Wejdźcie tylko na stronę <http://www.euhou.net> lub <http://www.ou.edu.pl/hou> (albo zeskanujcie podany powyżej kod QR), gdzie będziecie mieli okazję własnoręcznie pokierować radioteleskopem. Wykonując odpowiednie ćwiczenia obserwacyjne będziecie mogli odtworzyć ramiona spiralne Drogi Mlecznej lub poszukiwać ciemnej materii na podstawie otrzymanych przez siebie widm. Możecie też zobaczyć na własne oczy efekty wydawanych komend dzięki kamerze internetowej pokazującej ten radioteleskop przez całą dobę.

No, na co jeszcze czekacie?

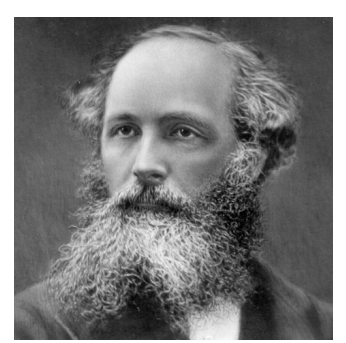
Linia chronologiczna radioastronomii



Radioastronomia

Projekt EU-HOU ma zaszczyt przedstawić: zarys historii radioastronomii wraz z jej najświetniejszymi odkryciami.

About

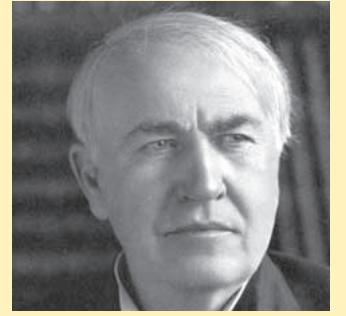


James Clerk Maxwell

1865

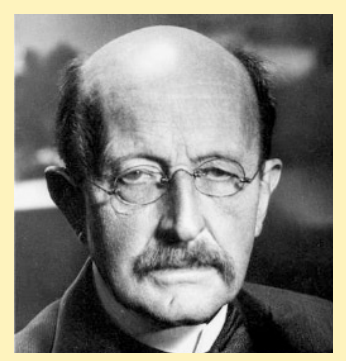
James Clerk Maxwell: Właśnie opublikowałem pracę pod tytułem „Dynamiczna teoria pola elektromagnetycznego”. Wyjaśniam w niej, dlaczego promieniowanie elektromagnetyczne (na przykład światło) ma ciągły rozkład długości fali!

Lubię to! - Dodaj komentarz - Udostępnij



Thomas Alva Edison: Jeśli tak, to ciała niebieskie muszą również emitować jakieś fale radiowe...

1890



Max Planck: Według moich wyliczeń, jeśli uznamy Słońce za ciało doskonale czarne, to jego emisja radiowa powinna być bardzo słaba. Na chwilę obecną nie przypuszczam byśmy byli w stanie ją wykryć, nawet jeśli użyjemy naszych najlepszych instrumentów.

1900



Charles Nordmann: Myślę, że masz rację, Max, umieściłem antenę na szczycie Mont Blanc we Francji, ale nic nie zarejestrowałem.

1900

37 osób lubi to

Dodaj komentarz...



Hendrik Christoffel Van de Hulst

1945

Hendrik Christoffel Van de Hulst: Mój opiekun naukowy, słynny Jan Oort, poprosił mnie, bym poszukał linii atomowych w zakresie radiowym. Znalazłem jedną, bardzo interesującą, która powstaje w wyniku przejścia pomiędzy dwoma poziomami struktury nadsubtelnej neutralnego wodoru. Jeśli moje obliczenia są prawidłowe, linia ta odpowiada długości fali 21 cm. Emisja ta jest bardzo słaba, ale przecież wodór to najbardziej rozpowszechniony pierwiastek we Wszechświecie. Dobrze byłoby sprawdzić, czy nie da się jej zaobserwować.

Lubię to! - Dodaj komentarz - Udostępnij



Edward Mills Purcell i Harold Irving Ewen:

Masz rację! Zbudowaliśmy antenę o rozmiarach 1 m x 1 m i za jej pomocą wykryliśmy linię 21 cm! Pomyśl tylko o wszystkich konsekwencjach, jakie to ma dla radioastronomii! Promieniowanie wodoru neutralnego na fali 21 cm dociera o wiele dalej niż światło widzialne i jego atomów jest najwięcej we Wszechświecie! Oznacza to, że jesteśmy w stanie obserwować wielkie struktury, takie jak inne galaktyki, na bardzo dużych odległościach.

1951



164 osoby lubią to

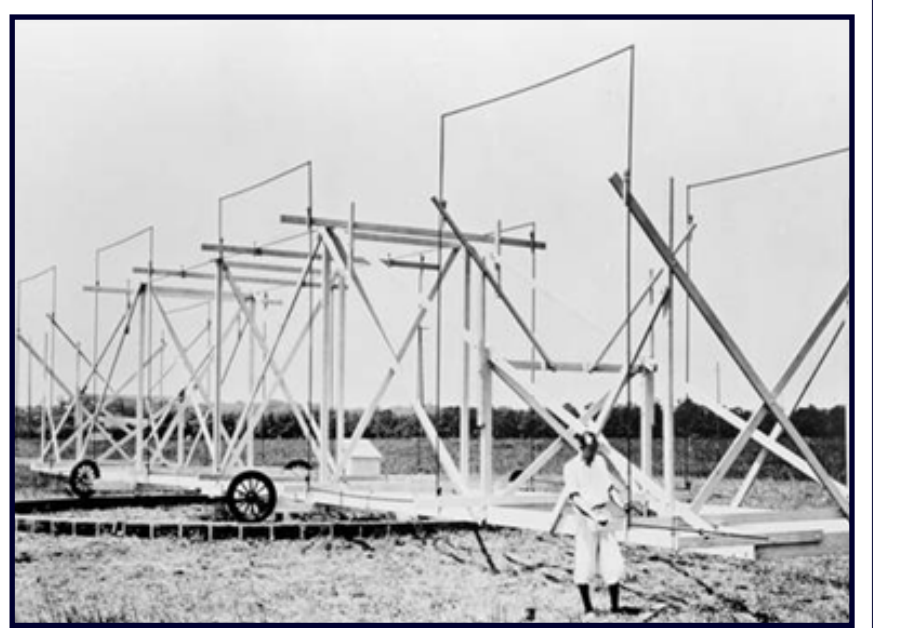
Dodaj komentarz...



Karl Jansky

1933

Coś niewiarygodnego! To był normalny dzień w Bell Telephone Company. Zajmowałem się moją anteną radiową, usiłując nawiązać transatlantyczne połączenie telefoniczne na falach o długości 14,5 m, kiedy nagle uświadomiłem sobie, że codziennie odbieram regularny sygnał dochodzący ze sfery niebieskiej. Po przeanalizowaniu wszystkich parametrów okazało się, że jest to emisja radiowa z centrum naszej galaktyki!

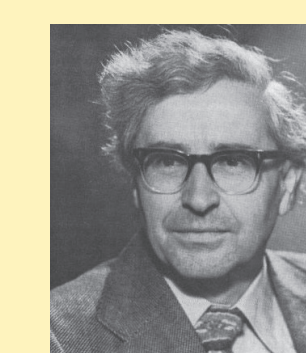


Lubię to! - Dodaj komentarz - Udostępnij



James Stanley Hey: Mamy tu podobny problem. Zajmujemy się budową radarów przeciwlotniczych dla wojska. Ilekroć skierujemy radar na Słońce, coś zakłóca rejestrowany sygnał. Moim zdaniem, to Słońce emituje na falach metrowych.

1942

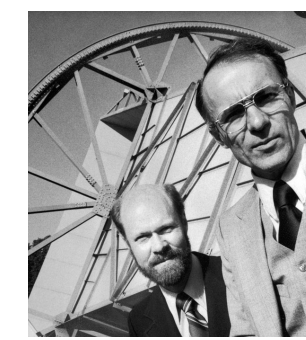


Martin Ryle: Dzięki Karl! Twojemu wielkiemu odkryciu zawdzięczamy to, że mogliśmy za pomocą interferometru w Cambridge sporządzić radiową mapę nieba. Zaobserwowaliśmy całe mnóstwo radioźródeł!

1950

Grote Reber, John Kraus lubią to

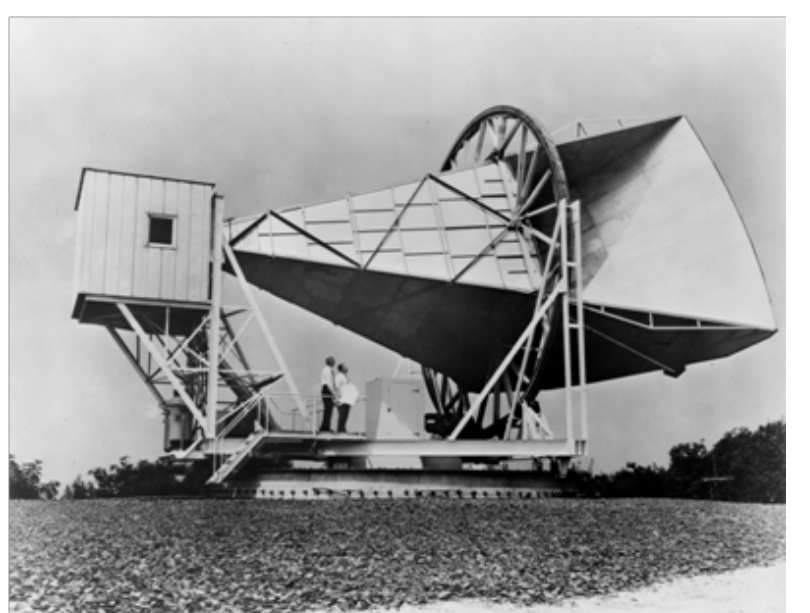
Dodaj komentarz...



Robert Wilson and Arno Penzias

1964

Sądymy, że odkryliśmy rzecz bardzo interesującą dla radioastronomii. Jako pracownicy Bell Telephone Company zbudowaliśmy antenę, przeznaczoną pierwotnie do łączności z satelitami Echo i Telstar 1 - pierwszymi na świecie satelitami telekomunikacyjnymi. Podczas prowadzenia nasłuchu na długości fali 7,35 cm przypadkowo stwierdziliśmy występowanie dodatkowego szumu niewiadomego pochodzenia, odpowiadającego temperaturze 2,7 K i dochodzącego niemal jednorodnie ze wszystkich kierunków na niebie! Jesteśmy przekonani, że jest to kosmiczne mikrofalowe promieniowanie tła przewidywane przez teorię Wielkiego Wybuchu.



Lubię to! - Dodaj komentarz - Udostępnij



Robert Henry Dicke: No cóż, chłopcy, ktoś nas ubiegł.

1964



Komitet Noblowski: Hej, dostarczyliście właśnie najważniejszego argumentu na rzecz teorii Wielkiego Wybuchu. Może by tak Nagrodę Nobla?

1978

Robert Wilson i Arno Penzias lubią to

Hands-On Universe, Europe

Radiowe obserwacje Drogi Mlecznej



Lifelong Learning

Projekt EU-HOU (Hands-On Universe, Europe)

wykorzystuje satysfakcję uczniów, jaką daje prowadzenie prawdziwych obserwacji astronomicznych, do podniesienia poziomu nauczania przedmiotów przyrodniczych w krajach europejskich. Ma na celu przy użyciu najnowszych rozwiązań technicznych w zakresie instrumentów obserwacyjnych rozbudzać zainteresowanie nauką wśród uczniów szkół podstawowych i średnich.

Na stronie www.euhou.net dostępne są zarówno zasoby dydaktyczne różnego rodzaju – w tym eksperymenty do własnoręcznego wykonania – jak i możliwości prowadzenia w czasie rzeczywistym obserwacji na teleskopach z całej Europy. Wraz z realizacją projektów Square Kilometre Array i Atacama Large Millimetre Array, mających na celu zbudowanie największych jak dotąd sieci radioteleskopów, radioastronomia wkroczy w nową złotą erę, ukazując nam Wszechświat, jakiego dotąd nie znaliśmy.

W tej perspektywie, od 2010 roku, w ramach projektu EU-HOU zdecydowaliśmy się na rozpropagowanie radioastronomii i uruchomiliśmy pierwszą europejską sieć radioteleskopów do celów edukacyjnych, umożliwiając uczniom samodzielne eksplorowanie Drogi Mlecznej, a także udostępniliśmy zasoby dydaktyczne do dyspozycji nauczycieli.



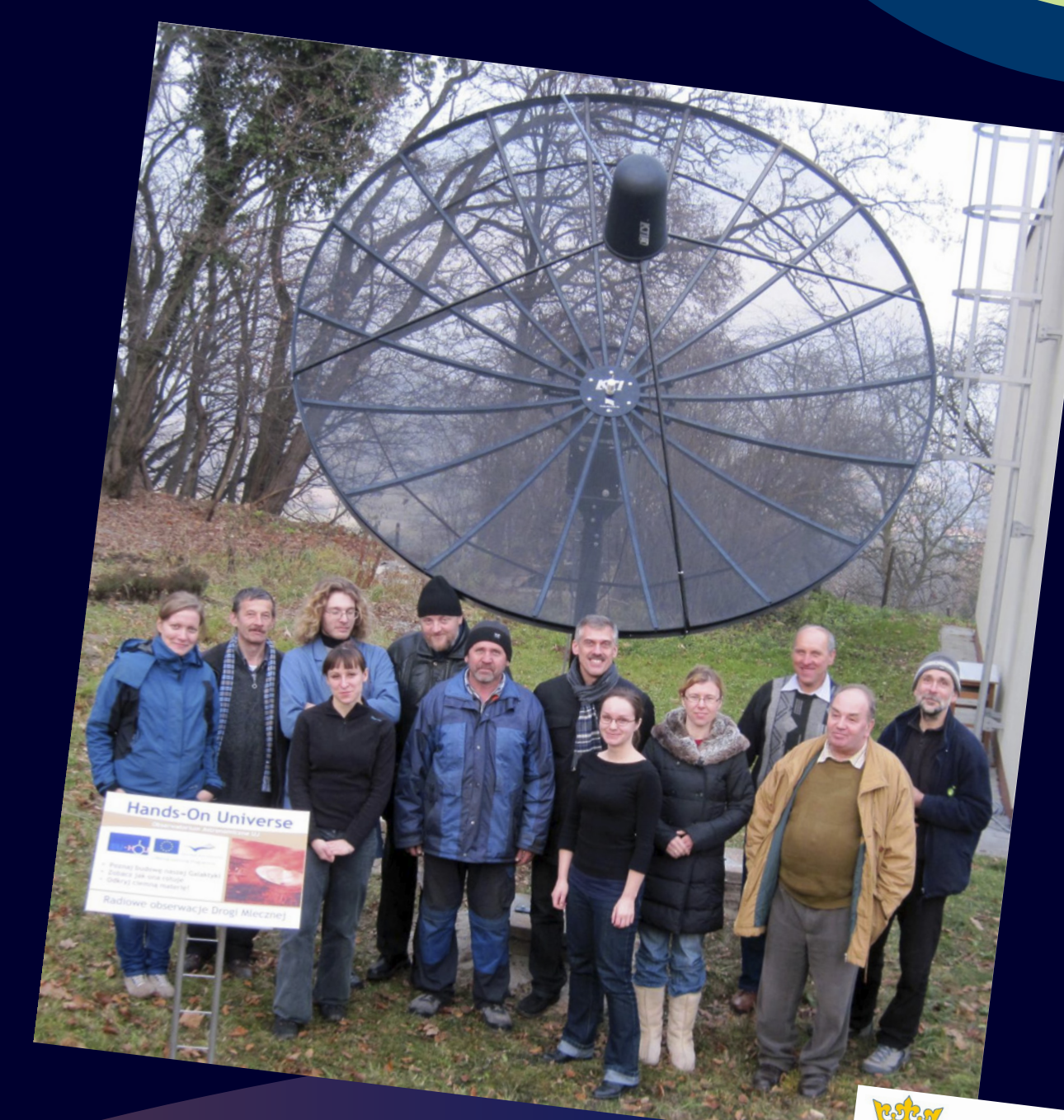
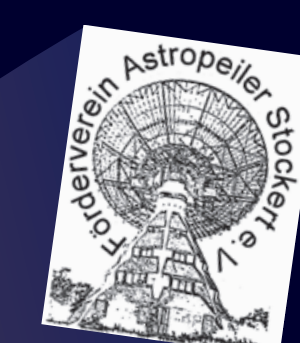
Na zdjęciu od lewej do prawej i od góry do dołu: Cecilia Kozma , Maria Loizou , Yannick Libert , F. Miranda , Eleni Chatzichristou , Sotira Trifourki , Krzysztof Chyży , Rosa Doran , Peter Kalberla , Roger Ferlet , Rodrigo Alvarez , Cezar Lesanu , Radu Constantinescu , Lech Mankiewicz , Anne-Laure Melchior .



Projekt: Yannick Libert
Tłumaczenie: Marek Krośniak
Adaptacja: Krzysztof Chyży

W naszym projekcie aktualnie uczestniczy 11 krajów: Niemcy, Belgia, Cypr, Hiszpania, Francja, Grecja, Polska, Portugalia, Szwecja, Rumunia i Wielka Brytania. Służy on pomocą nauczycielom i innym osobom związanym ze szkolnictwem od 2004 roku.

Czy wiedzieliście?
Działalność EU HOU zainspirowała programy edukacyjne w wielu krajach europejskich, a niektóre z ćwiczeń podanych na naszej stronie wykorzystywane są w materiałach edukacyjnych oraz podręcznikach.



Sieć sześciu radioteleskopów w Polsce, Francji, Portugalii, Hiszpanii, i Rumunii umożliwia prowadzenie online obserwacji gazu w Drodze Mlecznej przez uczniów. Instrumenty te pozwalają na obserwowanie nieba w zakresie radiowym o dowolnej porze, zarówno w dzień, jak i w nocy, bez względu na pogodę, co pozwala na dogodne rozplanowanie tych lekcji w rozkładzie zajęć. Chcecie spróbować? Wejdźcie na naszą stronę internetową i załóżcie sobie bezpłatne konto!

www.euhou.net