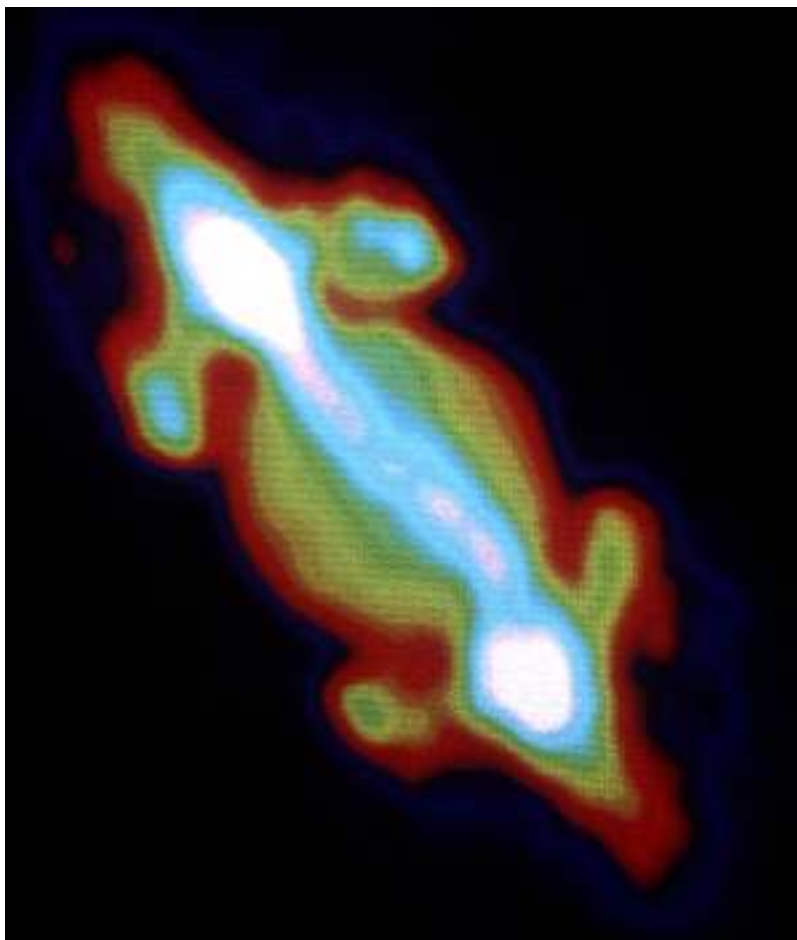


Wszechświat w mojej kieszeni

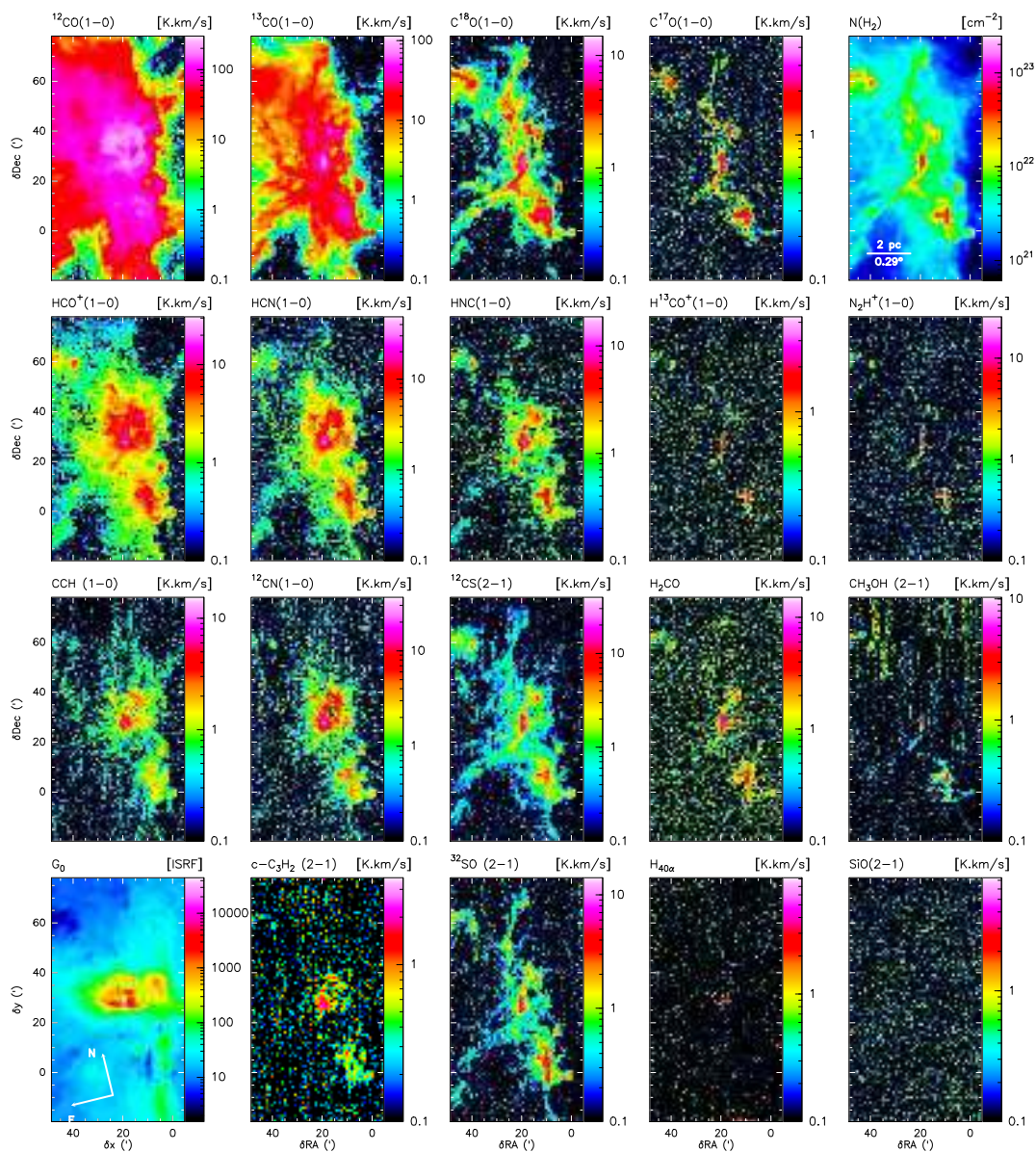


Radioastronomia



Nr 46

Laurent Pagani
CNRS & Observatorium
Paryskie-PSL



Region gwiazdotwórczy w Orionie
śledzony w falach radiowych
emitowanych przez różne cząsteczki
(CO, HCO⁺, HCN, N₂H⁺, C₂H, CN, CS,... w
fałszywych kolorach).

Światło jest najbogatszym z pięciu niebiańskich posłańców (tuimp 43).

Przez długi czas cała astronomia opierała się na tym, co oko mogło zobaczyć, to znaczy na obiektach emitujących światło widzialne – w szczególności na gwiazdach.

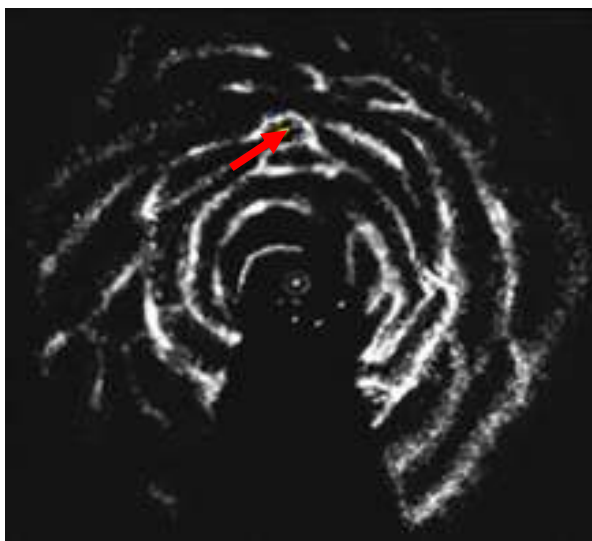
Czy we Wszechświecie istnieją inne ciała niebieskie niż gwiazdy? Obiekty, które nie emitują w zakresie widzialnym, ale w innych długościach fal? Na przykład w falach radiowych?

Potrafiemy teraz budować specjalne teleskopy do wykrywania fal radiowych (tuimp 45).

Tak oto radioastronomia, liczy sobie niecałe 100 lat, ukazała nam nieoczekiwane i fascynujące światy. Niniejsza książeczka przedstawia kilka przykładów. (Zobacz także tuimp 31, który przedstawia spektakularne zjawisko radiowe: emisję pulsarów, które są klasą gwiazd neutronowych).



Emisja neutralnego wodoru z galaktyki spiralnej M74 (w fałszywych kolorach).
Źródło: Walter i in. NRAO.

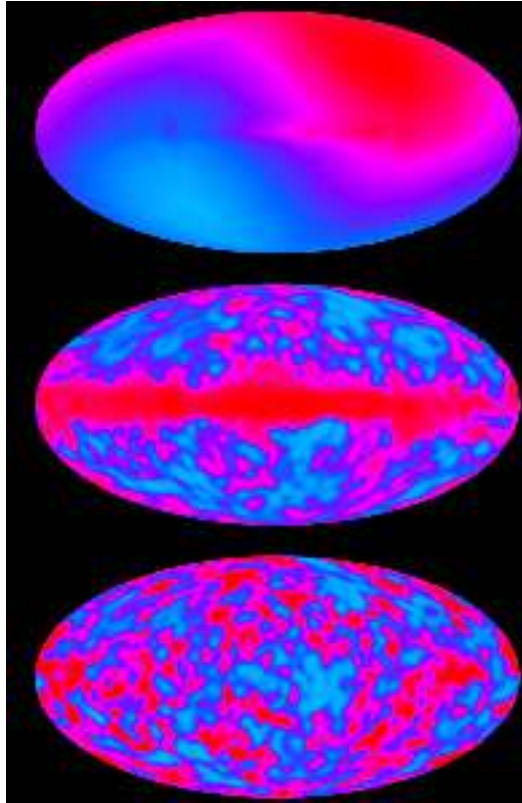


Emisja neutralnego wodoru z Drogi Mlecznej po raz pierwszy ujawniająca jej ramiona spiralne. Strzałka pokazuje położenie Słońca.
(źródło: J. Oort i WSRT)

Atom wodoru

Długość fali fotonów jest odwrotnie proporcjonalna do ich energii i nie zależy od rozmiaru źródła emisji. Na przykład atom wodoru, choć bardzo mały (trzeba by ułożyć 10 miliardów atomów obok siebie, aby uzyskać odcinek o długości 1 metra), emituje sygnał o długości fali 21 cm. Wodór jest najpowszechniejszym pierwiastkiem we Wszechświecie (10 razy obfitszy niż hel i 2000 razy obfitszy niż tlen) i znajduje się wszędzie. Śledzi galaktyki od najwcześniejszych czasów do chwili obecnej.

Obserwując linie spektralne (patrz tuimp 30) w zakresie radiowym, możemy wykorzystać efekt Dopplera do pomiaru prędkości radialnej emitujących obiektów. Modelując zależność między prędkością a odległością, możemy wykorzystać tę emisję radiową do mapowania struktury spiralnej Drogi Mlecznej i pomiaru rotacji innych galaktyk.

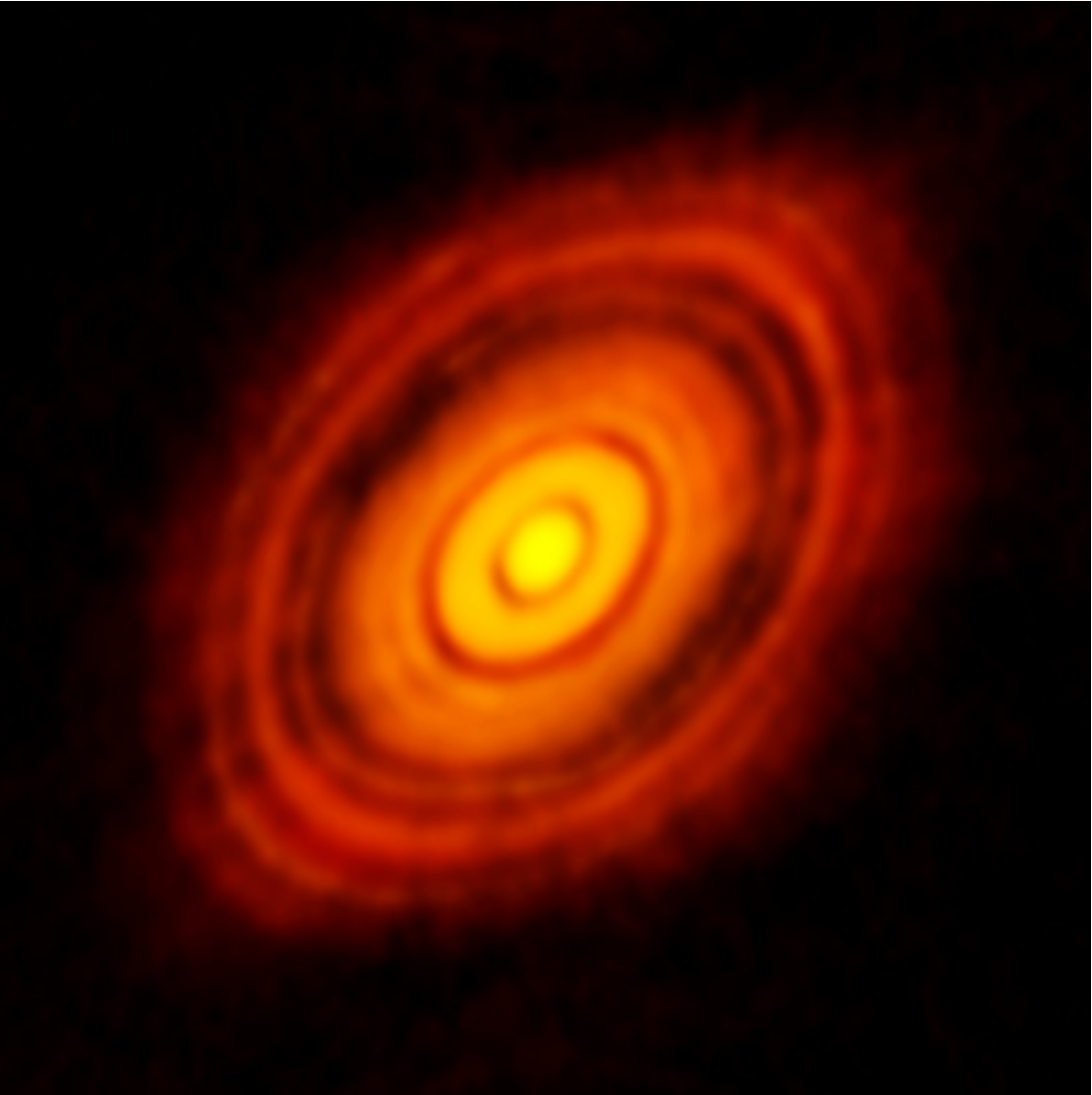


Niebo widziane w zakresie radiowym na 53 GHz przez satelitę COBE. Na górze promieniowanie kosmologiczne o temperaturze 2,72 Kelvina (bardzo blisko zera absolutnego), przesunięte ku niebieskiemu w kierunku ruchu Drogi Mlecznej. W środku fluktuacje szczątkowe po usunięciu efektu tego ruchu. Dominuje nasza Galaktyka (na czerwono). Na dole nasza Galaktyka jest odejmowana. Obrazy są w fałszywych kolorach. (Źródło: NASA)

Wszechświat powstał 13,8 miliarda lat temu. Był bardzo gęsty i gorący i od razu zaczął się rozszerzać (patrz tuimp 12).

Z czasem jego energia rozproszyła się w coraz większej przestrzeni, a początkowe promieniowanie o wysokiej energii przekształciło się w bardzo chłodne promieniowanie o temperaturze 2,72 K, widoczne jako jednorodna emisja radiowa.

Ruch Ziemi, Słońca i naszej Galaktyki powoduje zmianę obserwowanej częstotliwości tego promieniowania: przesunięcie ku błękitowi w kierunku ruchu i ku czerwieni w przeciwnym. Na tej podstawie można określić kierunek i prędkość naszego ruchu — około 600 km/s (dla porównania Ziemia krąży wokół Słońca z prędkością 30 km/s). Pozostałe fluktuacje tego promieniowania ujawniają załączki wielkich struktur we Wszechświecie.

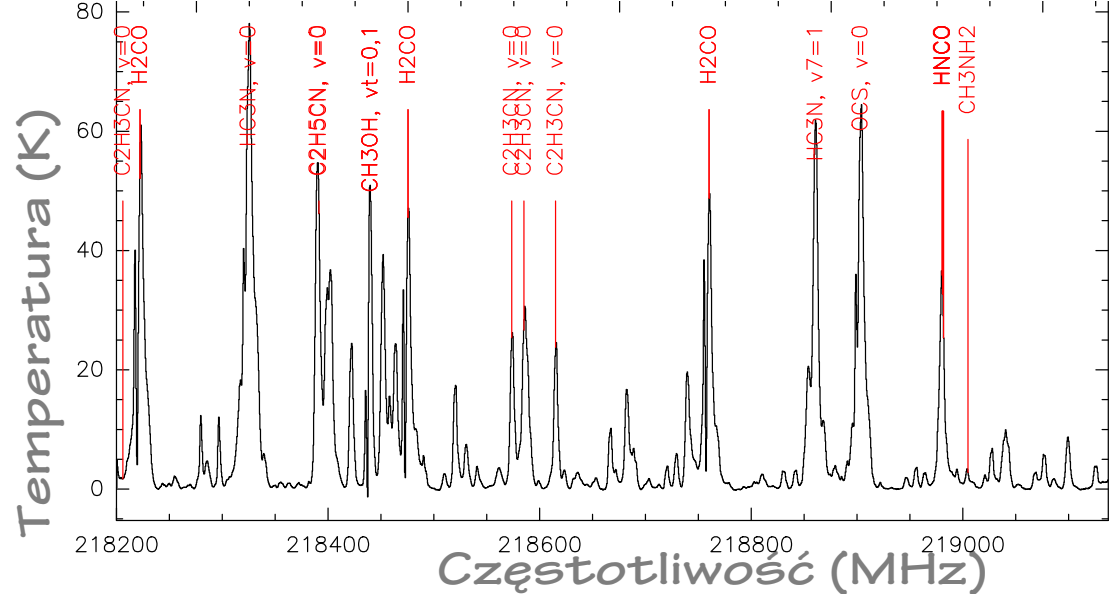


Dysk gwiazdy T Tauri, która jest gwiazdą w trakcie formowania, jest bogaty w pył i gaz. Oto obraz radiowy przedstawiający pierścienie pyłu, oddzielone bruzdami, w których formują się planety (fałszywe kolory).

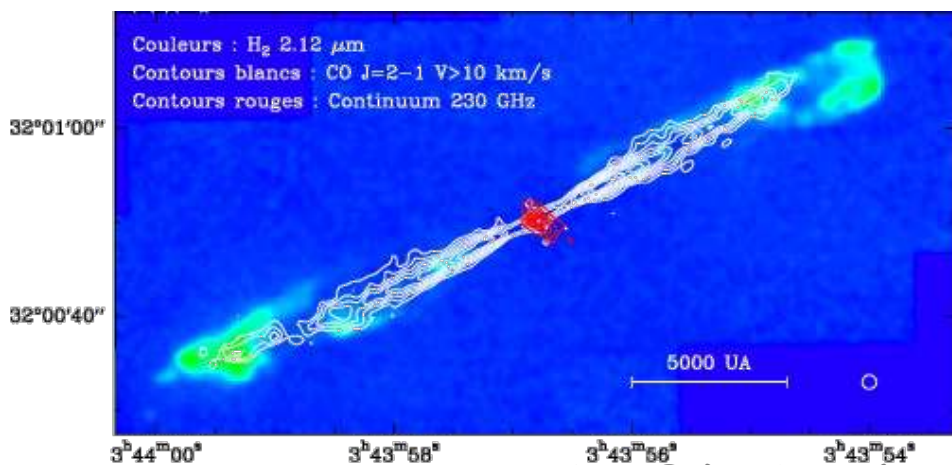
Każde ciało, które nie znajduje się o temperaturze zera absolutnego, emituje promieniowanie, którego intensywność i „kolor” zależą głównie od jego temperatury. Powierzchnia Słońca o temperaturze około 5500°C świeci na żółto, ludzkie ciało w temperaturze 37°C świeci w podczerwieni przy długości fali $10\text{ }\mu\text{m}$ (można je zobaczyć za pomocą okularów na podczerwień nawet w nocy).

Pył międzygwiazdowy także świeci. Jeśli jest bardzo zimny, emituje tylko w dalekiej podczerwieni lub radiowo. Dzięki temu możemy badać bardzo zimne, ciemne obłoki molekularne (w temperaturze 10 K Kelwinów).

Gdy w takich obłokach powstają gwiazdy, wokół nich tworzy się dysk z gazu i pyłu. Widać w nim przerwy — to miejsca, gdzie formują się planety, zbierając materię ze swojego otoczenia i pozostawiając pasma bez pyłu.



Linie emisyjne cząsteczek w Mgławicy Oriona. Każdy pik wskazuje obecność cząsteczki (niektóre przykłady są oznaczone). Źródło L. Pagani.



Emisja radiowa cząsteczki CO (na biało) w dżetach wychodzących z protogwiazdy. Czerwone kontury pokazują emisję radiową ciepłego pyłu, podobnie jak w układzie T Tauri (fałszywe kolory).

10 Źródło C. Dougados.

Cząsteczki

Atomy mogą emitować światło tylko wtedy, gdy ich elektrony zmieniają poziomy energetyczne (z wyjątkiem wodoru). Te zmiany uwalniają dużo energii i zazwyczaj emitują w zakresie widzialnym, bliskiej podczerwieni lub ultrafiolecie. Cząsteczki, czyli zespoły kilku atomów (co najmniej dwóch, takich jak CO, tlenek węgla, lub trzech, takich jak H₂O, woda), mają również możliwość wibrowania lub obracania się wokół własnej osi. Ten obrót wymaga bardzo mało energii, a zmiany poziomów energetycznych emitują światło w postaci fal radiowych. W ten sposób udało nam się wykryć ponad 300 różnych cząsteczek we Wszechświecie. Gwiazdy w trakcie narodzin często emitują parę spektakularnych dżetów molekularnych, widocznych w niektórych cząsteczkach (CO, SO, SiO,...) obserwowalnych używając radio teleskopy.

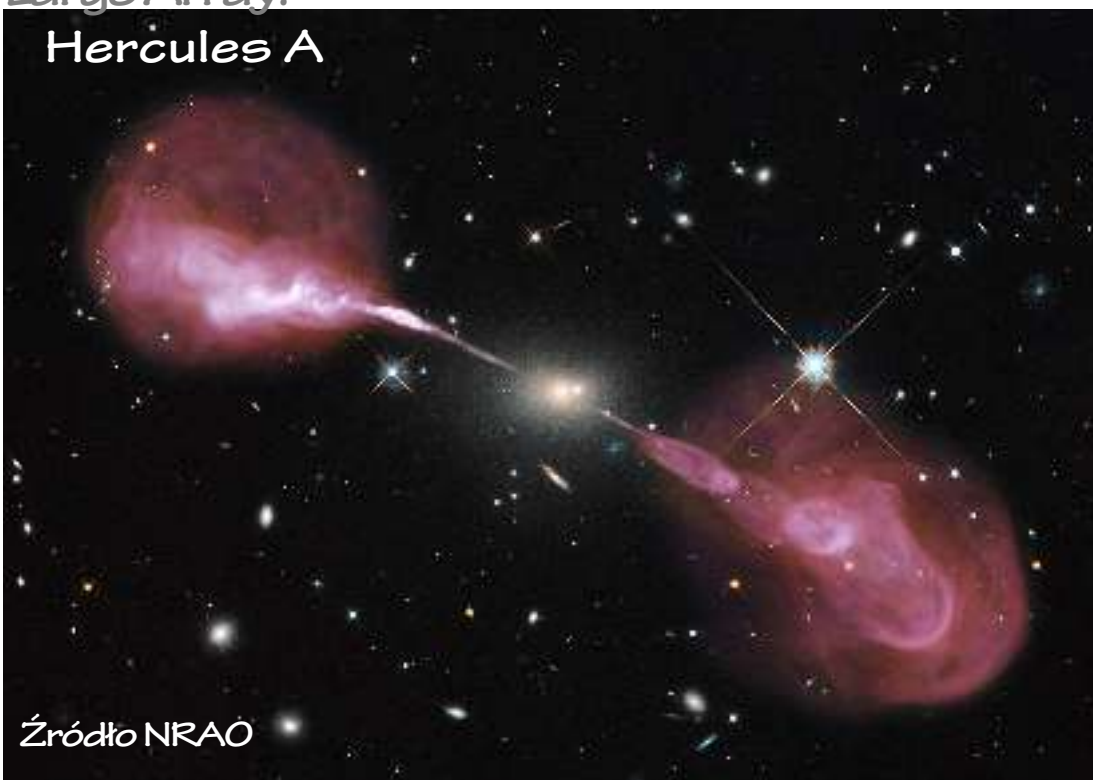


„Kompaktowa” galaktyka radiowa. Jest to czerwona galaktyka eliptyczna. Emisja radiowa na 4,5 GHz, reprezentowana przez niebieskie linie konturowe, nie przekracza granic galaktyki.

Źródło Baldi et al, 2019

Galaktyka radiowa Hercules A. Obraz w świetle widzialnym (pokazany na biało) pochodzi z Kosmicznego Teleskopu Hubble'a. Jest nałożony na obraz radiowy (pokazany na różowo) uzyskany przez radioteleskop Very Large Array.

Hercules A



Źródło NRAO

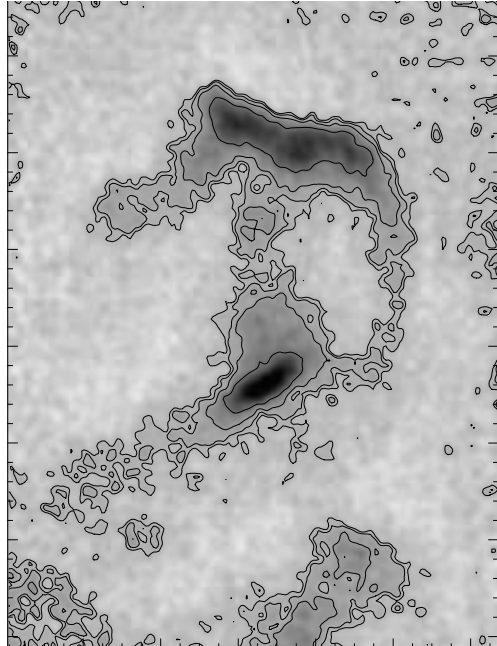
Galaktyki radiowe

Obecnie uważa się, że większość galaktyk ma supermasywną czarną dziurę w swoim centrum. Jeśli w pobliżu znajduje się materia, czarna dziura akreuje ją poprzez „dysk akrecyjny” (patrz tuimp 47). Mówi się, że czarna dziura staje się „aktywna”.

W niektórych przypadkach tworzy się para dżetów zjonizowanej materii.

Przyczyna tego zjawiska nie jest jeszcze w pełni zrozumiała. Uważa się, że obracający się dysk akrecyjny generuje pole magnetyczne, które koncentruje materię dysku w bardzo szybkie dżety, wykrywalne dzięki emisji fal radiowych.

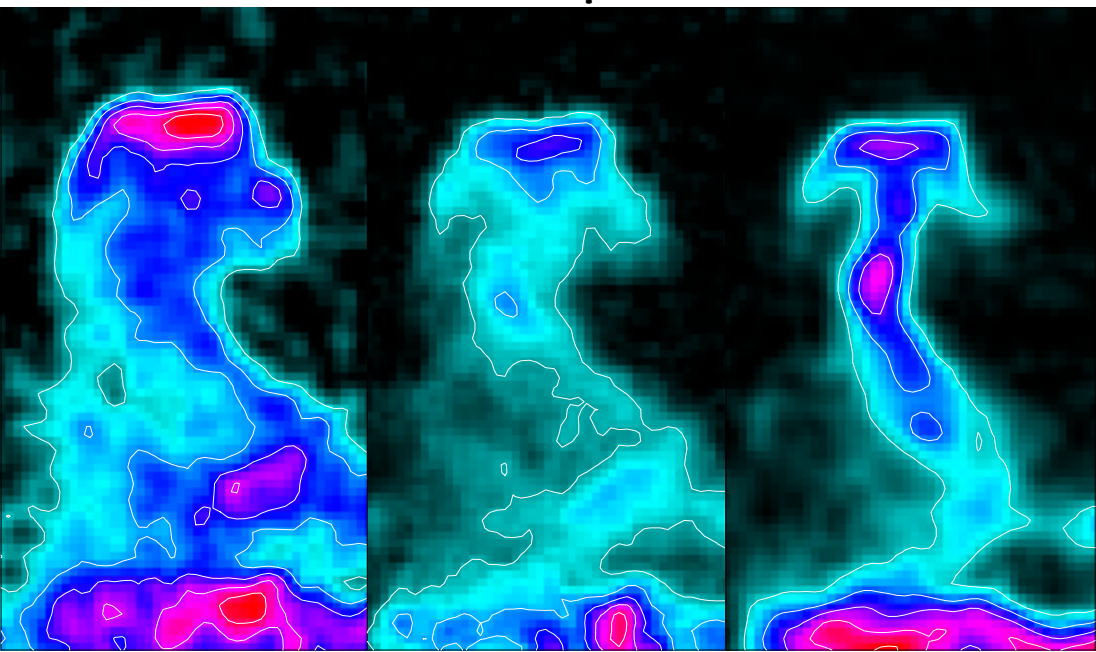
Zazwyczaj rozmiar dżetów nie przekracza rozmiaru galaktyki. Ale w niektórych spektakularnych przypadkach dżety rozciągają się w przestrzeń międzygalaktyczną na odległości mogące przekraczać kilka milionów lat świetlnych.



Pytanie

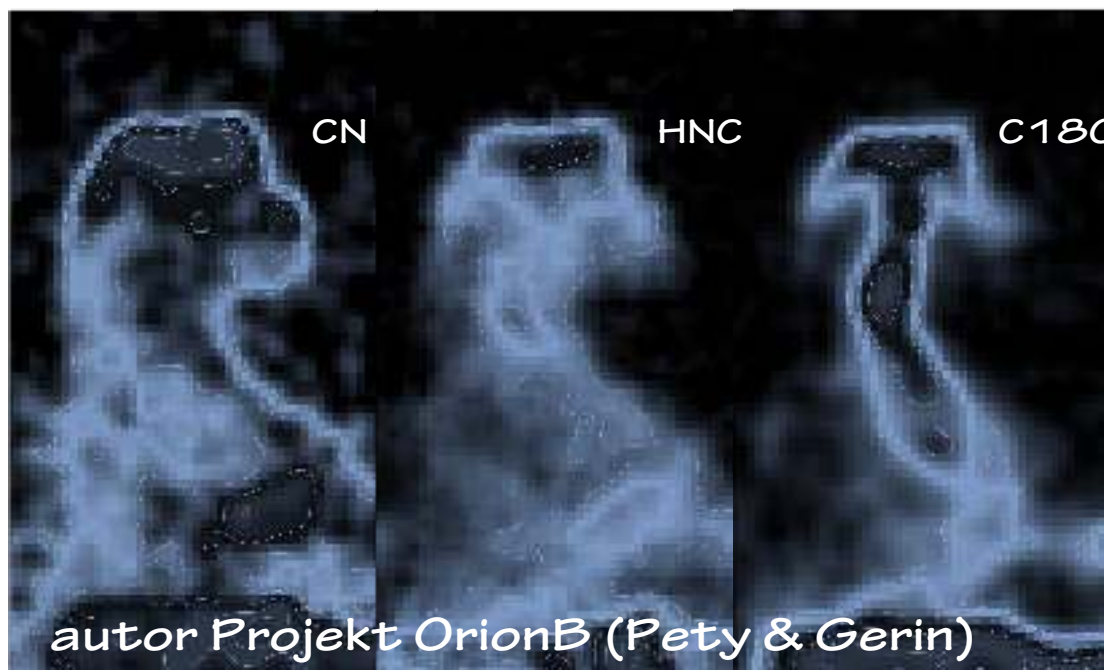
Oto pięć obrazów Mgławicy Koński Łeb w Orionie. Który z nich nie pochodzi z zakresu fal radiowych?

Odpowiedź na odwrocie.





Odpowiedź: widzimy gwiazdy,
więc jest to obraz w zakresie widzialnym!



Wszechświat w mojej kieszeni nr 46

Ta książeczka została napisana przez Laurenta Paganiego z Obserwatorium Paryskiego/CNRS i zrewidowana przez Grażynę Stasińską z Obserwatorium Paryskiego oraz Stana Kurtza (IRyA, Morelia, Meksyk).

Obraz okładki: Emisja synchrotonowa (promieniowanie emitowane przez relatywistyczne elektrony poruszające się w polu magnetycznym) Jowisza widziana na długości fali 20 cm przez radioteleskop VLA. Emisja ujawnia pasy elektronów uwieczonych w polu magnetycznym poza planetą (fałszywe kolory). Źródło NRAO/AUI/VLA.



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

Tłumaczenie: Grażyna Stasińska
TUIMP Creative Commons

