

Źródło: NRAO

Heracles A

Large Array.

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



Źródło: Bailet et al 2019

„Kompaktowa” galaktyka radiowa. Jest to czarna galaktyka eliptyczna.

Enteja radiowa na 4,5 GHz, reprezentowana przez niebieskie linie konturowe, nie przekracza granic galaktyki.

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. Wodor 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 tułmp 30) w zakresie radiowym, możemy

wykorzystać efekt Dopplera do pomiaru prędkości radialnej emitujących obiektów. Modelując zależność między prędkością a odległością, możemy

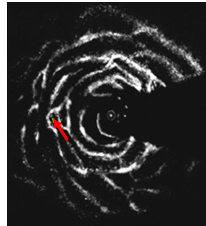
wykorzystać tę emisję radiową do mapowania struktury spiralnej Drogi Mlecznej i pomiaru rotacji innych galaktyk.

5



Emisja neutralnego wodoru z galaktyki spiralnej M74 (w falezywych 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 WSR)

4

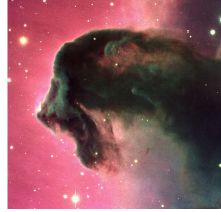
Galaktyki radiowe

Obecnie uważa się, że większość galaktyk ma supermasywną czarną dziurę w swoim centrum. Jeśli w pobliżu znajduje się materia, czarna dziura akrecjuje ją poprzez „dysk akrecyjny” (patrz tułmp 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 przestrzeni międzygalaktycznej na odległości mogące przekraczać kilka milionów lat świetlnych.

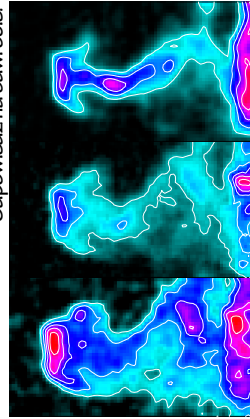
13



Pytanie

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

Odpowiedz na odwrócie.



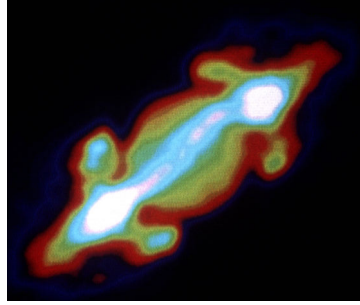
1

3

4

5

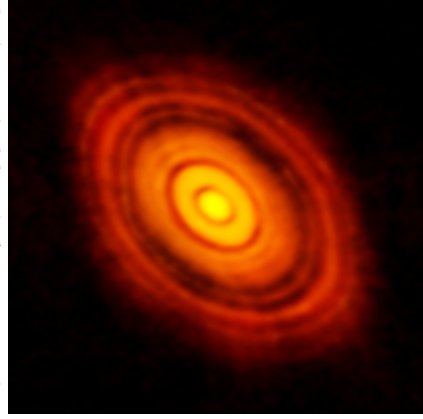
Wszechświat w mojej kieszeni



Radioastronomia



Laurent Pagani
CNRS & Observatorium
Paryskie-PSL



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 (falszywe kolory).

8

Źródło: ALMA.

Pył

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 μm (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 gazem i pyłem. Widać w nim przerwy — to miejsca, gdzie formują się planety, zbierając materię ze swojego otoczenia i pozostawiając paemna bez pyłu.

9

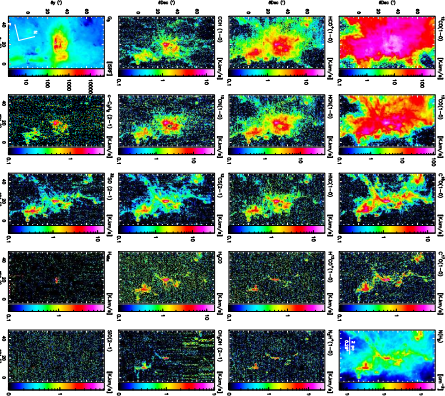
4

1

3

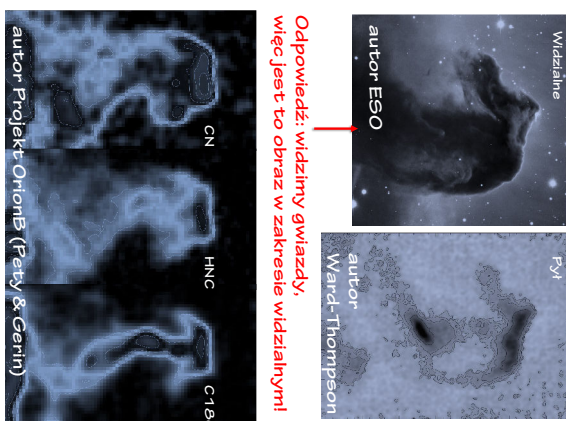
4

5

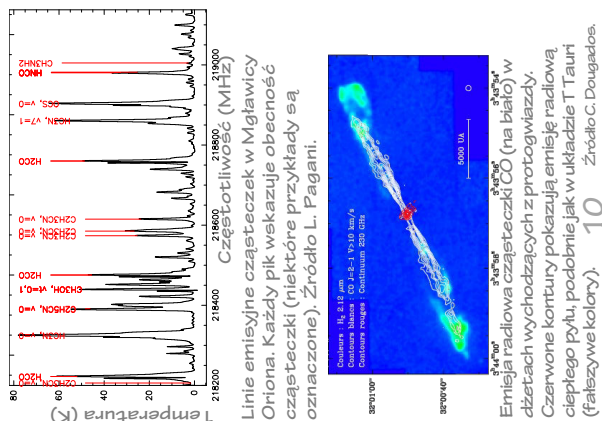


Rejon gwiazdotwórczy w Orionie
słyszony w falach radiowych
emitowanych przez różne cząsteczki
(CO, HCO⁺, HCN, N₂H⁺, C₂H, CN, CS, ... w
fałszywych kolorach).

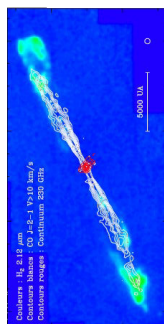
2 Źródło: P. Grattierin, 2021



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



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



Emisia radiowa cząsteczki CO (na biało) w
tłazach wychodzących z protogwiazdy.
Zerwane kontury pokazują emisję radiową
ciepłego pyłu, podobnie jak w układzie Tauri
fałszywe kolory). **10** Źródło C. Dougados.

Źródło C. Dougados.

10

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 synchrotronowa

(promieniowanie emitowane przez relatywistyczne elektrony poruszające się w polu magnetycznym) Jowisza widziana na długości fali 20 cm przez radioteleskop VLA. Emisja ujawnia pasy elektronów uwieczlonych w polu magnetycznym poza planetą, (fotografy koloru). Źródło NRAO/AUI/VLA.

IRAO/AUI/VLA



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

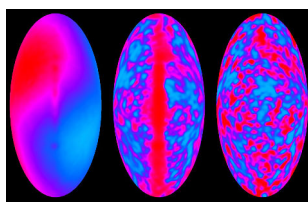
6.



Cząsteczki

Atomory mogą emitować światło tylko wtedy, gdy ich elektrony zmieniają poziomy energii (z wyjątkiem wodny). 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 H_2O , 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 cząstek we Wszechświecie. Gwiazdy w trakcie narodzin często emitują parę spektakularnych dżetów molekularnych, widocznych w niektórych cząsteczkach (CO , SO , SiO ,...)

2



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 szczerzątkowe po usunięciu efektu tego ruchu. Dominuje nasza Galaktyka (na rzeźbieniu). Nadole nasza Galaktyka jest odedjmowana. Obrazy są w fałszywych kolorach. (Źródło: NASA)

30

Światło jest najbogatszym z pięciu niediatelskich postaciów (Tulump 4.3). 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?

teleskopy do wykrywania fal radiowych (tutaj p45).

Tak oto radioastronomia, liczy sobie niecałe 100 lat, ukazała nam nioczekiwane i fascynujące światy. Niniejsza książeczka przedstawia kilka przykładów. (Zobacz także tom 3.1, który przedstawia spektakularne zjawisko radiowe emittujące pulsarów, które są klasą gwiazd neutronowych).

W

Commons

