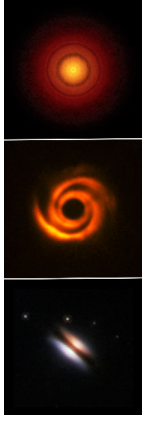


Młode gwiazdy i układy planetarne powstają właśnie w dyskach protoplanetarnych. Fizyka tego procesu jest niezwykle złożona. Obrazy, które otrzymujemy, pozwalają lepiej zrozumieć poszczególne etapy ewolucji. Ale teoria jest też ważna, bo na zdjęciach nie widać, jak powstają pierwsze lodowe bryły, pierwsze skały i zalążki planet.

Dyski protoplanetarne - obrazy z

teleskopów ALMA, VLT i Hubble. Credit: NASA, ESA, ESO, STScI, ALMA, S. Andrews (CfA), Bill Saxton (NRAO, AUI, NSF), T. Stolker (ALMA)

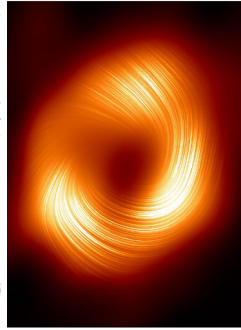


Młode gwiazdy

Najciekawsze i najbardziej złożone są dyski akrecyjne które tworzą się wokół młodych, dopiero formujących się gwiazd. Z takiego dysku wokół Słońca powstała 4,5 miliarda lat temu nasza Ziemia. Dlatego tak fascynujący jest ten proces zachodzący teraz, wokół innych gwiazd. Dyski te składają się z gazu, drobinek lodu i okruchów skalnych. Materiał podchodzi z resztek obłoku, z którego powstała sama gwiazda, ale ulega on ciągłym przemianom. Część gazu opada, część jest wywiewana, część tworzy gazowe planety. Drobinki pyłu zderzają się i sklejają, rosną i w sumie tworzą planety skaliste, ale proces jest powolny i trudny do zrozumienia w szczegółach, jak pogoda. Dlatego cenne są wszelkie obserwacje tego procesu.

Przez zwykłe teleskopy optyczne nie widać centrum naszej Galaktyki, za dużo jest pyłu po drodze. Ale fale radiowe przenikają łatwiej. Zdjęcie wykonano zatem w zakresie radiowym - dokładnie na falach milimetrowych. Wtedy widać dysk, a cień w centrum to właśnie czarna dziura, która sama nie świeci. Zdjęcie wymagało współpracy wielu radioteleskopów na kuli ziemskiej, a następnie zbudowania obrazu.

Zdjęcie czarnej dziury w centrum Drogi Mlecznej, z zaznaczonym przebiegiem linii sił pola magnetycznego (EHT).

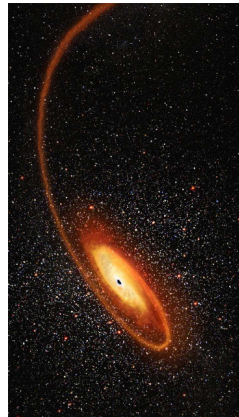


Sgr A* - centrum Mlecznej Drogi

A co z naszą galaktyką? Czy jest aktywna? Cóż, to zależy, jak na to patrzeć. Owszem, ma w centrum czarną dziurę o masie czterech milionów mas Słońca, ale materia w jej kierunku ledwie ciurka, w tempie miliardy razy wolniejszym niż w galaktykach aktywnych. Coś się dzieje, ale widzimy efekt tylko dlatego, że jesteśmy blisko. Dzięki Event Horizon Telescope mamy wreszcie jej zdjęcie. Było trudno je uzyskać. Widać na nim dysk akrecyjny, ale jest w nim mało masy, jest zbudowany z bardzo gorącej plazmy, o temperaturze milionów stopni, takiej, jaka panuje we wnętrzu Słońca. Świeci ona w zakresie X, ale nie tylko - szybkie elektrony świecą też radiowo, i w tym pasmie widmowym (dokładniej, w zakresie milimetrowych fal) uzyskano obraz.

Nie wszystkie dyski są takie ledwo widoczne, świecące obitym światłem. Gdy dysk jest zbudowany z gazu i w dodatku przenika go pole magnetyczne, materia w dysku kłuje się dramatycznie, rozgrzewa się i świeci. Tracąc energię i moment pędu ta gorąca plazma zmierza w stronę obiektu centralnego. To są właśnie dyski akrecyjne. Ten pozorny paradoks - tracenie energii i zyskiwanie jej na świecenie pochodzi z faktu, że tracona jest grawitacyjna energia potencjalna i zamienia się na energię kinetyczną (prędkość) i ciepłą. Efekt jest najlepszy, gdy obiekt centralny jest zwarty, mierzony stosunkiem jego promienia do masy. Takie zwarte obiekty to gwiazdy neutronowe i czarne dziury. Jest ich wiele w kosmosie, a proces opadania materii na nie trwa od sekund do lat.

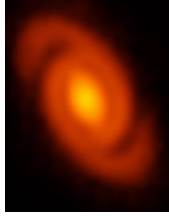
Dyski akrecyjne



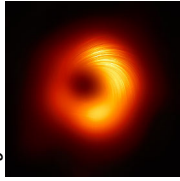
Powstawanie dysku akrecyjnego wokół masywnej czarnej dziury w wyniku rozzerwania gwiazdy (NASA/ESA/D. Player (STScI), ilustracja).

Czasami gwiazda przebiegająca galaktykę, znajdzie się zbyt blisko centralnej czarnej dziury. Jej orbita ulegnie zmianie, gdy gwiazda zostanie rozzerwana. Część z jej resztek może uciec, ale część zostanie uwieczona w polu grawitacyjnym, orbity staną się prawie kołowe i materia utworzy dysk akrecyjny. Obrazek powyżej to nie zdjęcie, ale zjawiska takie obserwujemy.

Czy zgadniesz...

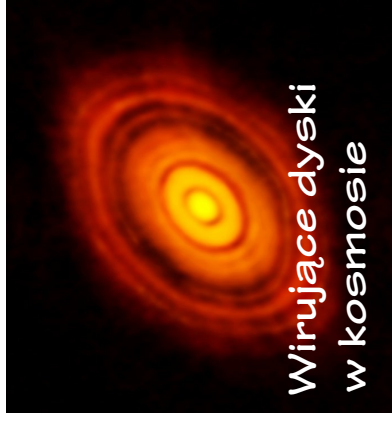


... które z tych zdjęć nie przedstawia dysku ?



Spróbuj odpowiedzieć.

Wszechświat w mojej kieszeni



Wirujące dyski w kosmosie



Bożena Czerna
Centrum Fizyki
Teoretycznej PAN
Polska

Pierścienie Saturna (NASA/ESA Hubble Space Telescope)

Ruch cząstek po orbitach kołowych nie jest bynajmniej najprostszym przykładem ruchu. Gdy na ciało nie działają żadna siła, porusza się ono po linii prostej ze stałą prędkością. Ale oddziaływanie grawitacyjne zakrzywia tor ciała. Orbita zależy od dwóch stających wartości: energii ciała i jego momentu pędu.

Większa energia, na przykład komety, powoduje, że po okrążeniu Słońca kometa oddala się ponownie. Zbyt mała nie pozwala na ucieczkę. Ruch kołowy jest bardzo szczególnym przypadkiem takiego ruchu.



Czarne dziury i towarzysze

W naszej galaktyce - Mlecznej Drodze - jest zapewne wiele czarnych dziur o masach nieco większych od Słońca. Większości nie widać, ale jeśli czarna dziura ma bliskiego towarzysza, w formie zwykłej gwiazdy, zasyca z niego materię i ten gaz, zanim opadnie do czarnej dziury tworzy dysk akrecyjny. Widać je w zakresie promieniowania rentgenowskiego. Niektóre świecą zaświe, niektóre emitują fale, w zależności od tempa dostawy materii do dysku lub perturbacji w tempie przepływu w samym dysku. To rzadkie zjawisko - znany zaledwie kilkadziesiąt takich par w Mlecznej Drodze, a obiekty są zbyt słabe, by je łatwo obserwować w odległych galaktykach. Najjaśniejsze obiekty to błyski gamma, które są dramatycznymi końcowym etapem ewolucji gwiazd, ale w nich dysków nie widać. Może na krótko utworzyć się dysk, ale nie będzie mogli go zobaczyć, ponieważ zasłoni go materia wyrzucana podczas wybuchu.

5. Obraz dysku wokół czarnej dziury w galaktyce M37

© EHT Collaboration

6. Dysek protoplanetarny wokół gwiazdy Elias 2 27

L. Pérez / B. Saxton / MPIR / NRAO / AUI / NSF / ALMA / ESO / NRAO / NASA / JPL / Caltech / WISE Team

3. Dysek wokół młodej gwiazdy HL Tauri

ALMA (ESO/MQ/IRAO)

4. Pierścienie Urana w podświetleniu

NASA, ESA, CSA, STScl

1. Pozostałość po supernowej Tycho

Kyle B. Wills / NASA / JPL / Caltech / WISE Team

2. Galaktyka M83

ESA/Hubble/NASA/ D. Thirker

Odpowiedź



Po lewej: aktywna galaktyka J0742+2704 (NASA, ESA, K. Nyland (United States Naval Research Laboratory), J. DePaol (STScI), po prawej: gigantyczna radiogalaktyka (Image credit: NASA, ESA, S. Baum and C. O'Dea (RTT), R. Perley and W. Cotton (NRAO/AUI/NSF), and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA). Obraz różowy to obserwacje radiowe, obraz biały to obraz optyczny.

Odległe aktywne galaktyki często określają się mianem kwazarów (Quasi-stellar objects) i na zdjęciu widać tylko ślady galaktyki macierzystej lub wypływającego dzetu. Tak wygląda obiekt po lewej stronie. Po prawej widać dzet, dużo dłuższy niż cała galaktyka. Takie obiekty są rzadkie.

10

Abby dowiedzieć się więcej o tej serii wydawniczej i o tematyce prezentowanej w tym tomiku odwiedź <http://www.tumip.org>

CC BY NC SA

Wszelchświat w mojej kieszeni Nr 47

Książeczka ta została przygotowana w 2026 przez Bożenę Czerny z Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie.

Okładka: zdjęcie dysku wokół młodej gwiazdy HL Tauri, w którym właśnie formują się planety. Credit: ALMA (ESO/MQ/IRAO)

Aktywne jądra galaktyk

W jądrach wszystkich galaktyk rezydują masywne czarne dziury, setki tysięcy czy miliardy razy masywniejsze niż Słońce. Takie czarne dziury grawitacyjnie przyciągają otaczającą materię, i wokół nich formują się dyski akrecyjne. Zasypanie materii nie jest jednak łatwe, musi ona tam być w okolicy. Dlatego tylko jedna galaktyka na milion ma bardzo jasne jądro i jest bardzo aktywna. Jasność dysku akrecyjnego w niej może przekraczać tysiąc razy jasność wszystkich gwiazd galaktyki.

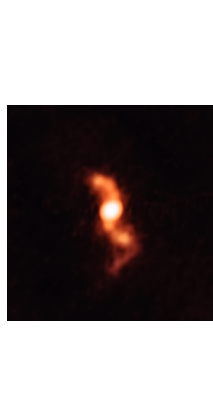
Obiekty takie, podobnie jak błyski gamma, widzimy z odległości kosmologicznych, sięgających granic obserwowalnego Wszelchświata. Aktywnych galaktyk jest bardzo dużo: żyją bardzo długo i gdziekolwiek skierujemy nasze teleskopy, możemy je znaleźć.

11

Pierścienie Saturna

Króć z nas nie widać pierścieni Saturna? Choccy na zdjęciu, a może nawet przez teleskop? Są piękne i wieczne, przynajmniej z punktu widzenia życia człowieka. Wyglądają jak pierścienie, gdy patrzymy na nie z góry. Ale gdy patrzymy bardzo z boku, wyglądają jak bardzo cienki dysk.

Pierścienie Saturna zbudowane są z bryłek lodu, z niewielką domieszką skalnych okruchów. Bryłki te poruszają się po ustalonych orbitach kołowych, praktycznie nie ulegając przypadkowym zderzeniom, dlatego po początkowym chaosie w czasie formowania się Układu Słonecznego, teraz trwają tak przez miliony lat. Jednak te przypadkowe zderzenia powodują, że za 300 milionów lat może już ich nie być.



Obiekt SS 433, zdjęcie w mikrofalach, Credit: ALMA (ESO/MQ/IRAO)/K. Blundell (University of Oxford, UK), R. Laing, S. Lee & A. Richards, Ap J Letters.

Dyski akrecyjne wokół czarnych dziur gwiazdowych są malutkie, nie można uzyskać obrazu samego dysku. Ale opadaniu materii na czarną dziurę towarzyszy często wyrzut niewielkiej jej części, w postaci dzetu - strugi wypływającej prostopadle do dysku. Zdjęcie powyżej jest wyjątkowym osiągnięciem. Nadal nie mamy pewności, jak takie strugi powstają, choć z pewnością decyduje o tym silne pole magnetyczne.

6

3