

Poland



CENTRUM
NAUKI
KOPERNIK



Czarne dziury – jak znaleźć coś czego nie widać?

O kosmosie przy kawie

Justyna Średzińska

Europejskie Biuro Edukacji Kosmicznej ESERO Polska
Centrum Nauki Kopernik

ESA UNCLASSIFIED – For ESA Official Use Only



→ THE EUROPEAN SPACE AGENCY

→ O KOSMOSIE PRZY KAWIE



HARMONOGRAM

22.05.2024 r. godz. 18:00

18:00 – 18:05 łączenie w aplikacji ZOOM

18:05 – 18:10 wprowadzenie do spotkania, co nieco o ESERO
Polska

18:10 – 18:50 pogadanka: czarne dziury, jak znaleźć coś czego nie
widać?

18:50 – 19:00 stwórz własny model studni potencjału
grawitacyjnego

19:00 – 19:10 propozycje scenariuszy

19:10 – 19:20 otwarte konkursy i aktywności kosmiczne – przegląd

19:20 – 19:30 sesja Q&A

Sieć biur



Polska

Austria

Irlandia

Belgia

Luksemburg

Czechy

Niemcy

Dania

Norwegia

Estonia

Portugalia

Finlandia

Rumunia

Francja

Słowenia

Grecja

Szwecja

Hiszpania

Wielka Brytania

Holandia

Włochy



AGENCY

Education

→ THE EUROPEAN SPACE AGENCY



FOCUS ON

ESA Academy

Everything for university students

OPEN



FOCUS ON

Teachers' Corner

Everything for school teachers

OPEN



FOCUS ON

European Space Education Resource Office

Space in your country

OPEN



FOCUS ON

Teach with space

Educational resources about space

OPEN



FOCUS ON

ESA Kids

Stories, games and resources for the youngest!

OPEN



Czarne dziury

Jak znaleźć coś czego nie widać?

Justyna Średzińska

Europejskie Biuro Edukacji Kosmicznej ESERO Polska
Centrum Nauki Kopernik

Hubble Probes the Early Universe

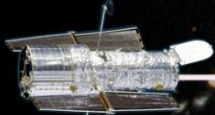
1990

Ground-based observatories



1995

Hubble Deep Field



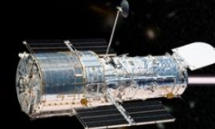
2004

Hubble Ultra Deep Field



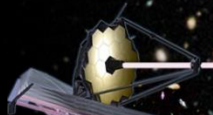
2010

Hubble Ultra Deep Field-IR



2023

James Webb Space Telescope



Redshift (z):

Time after
the Big Bang

Present

1

6
billion
years

4

1.5
billion
years

5

6

7

800
million
years

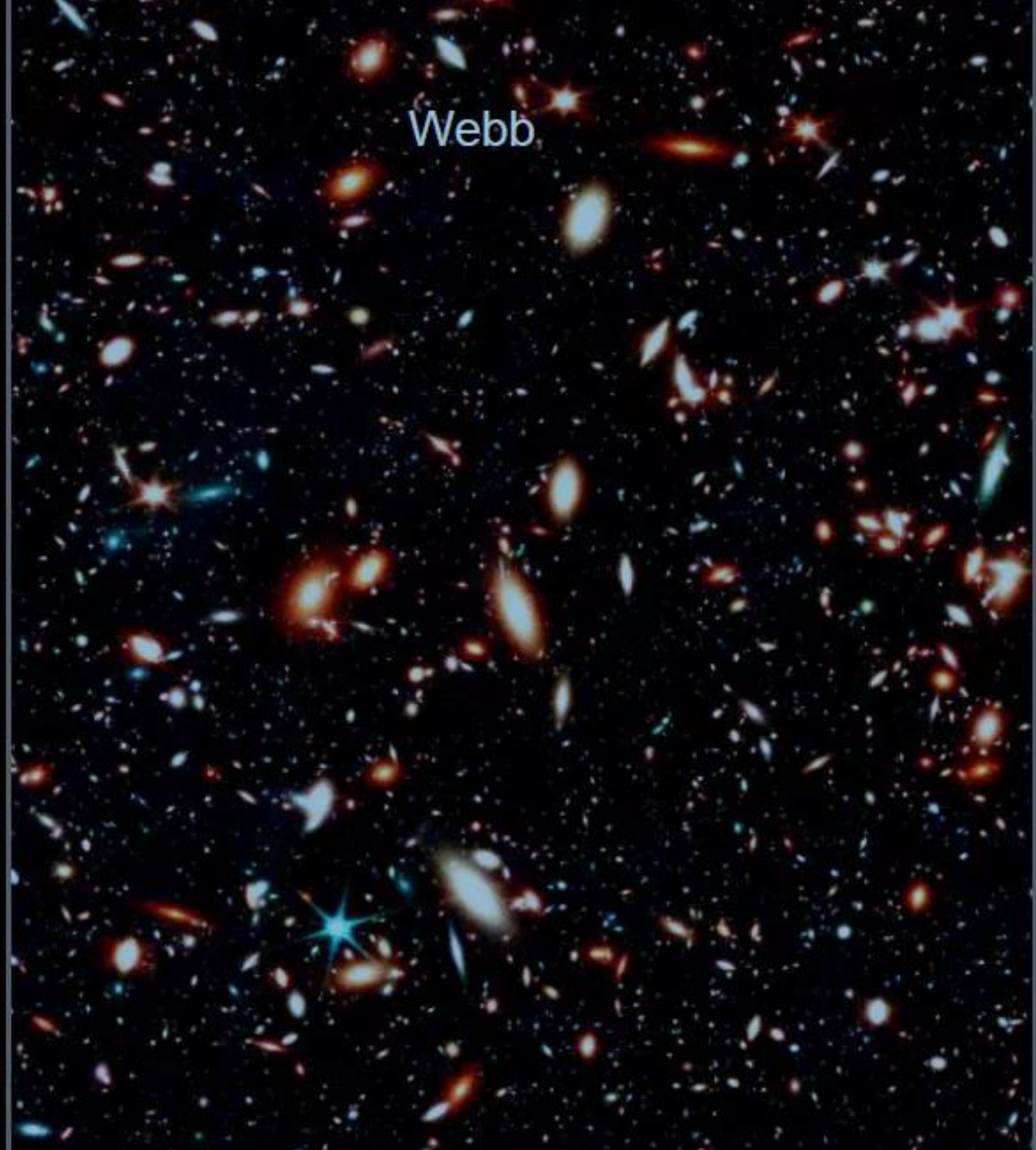
8

10

480
million
years

>20

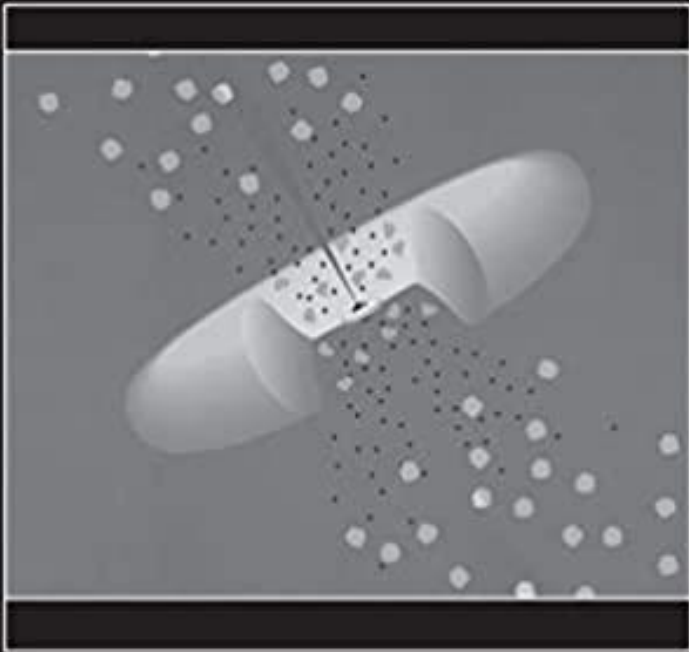
200
million
years





Julian H. Krolik

ACTIVE GALACTIC NUCLEI

From the Central Black Hole
to the Galactic Environment

Princeton Series in Astrophysics

A **black hole** is a region of spacetime where gravity is so strong that nothing — no particles or even electromagnetic radiation such as light — can escape from it. (WIKI)

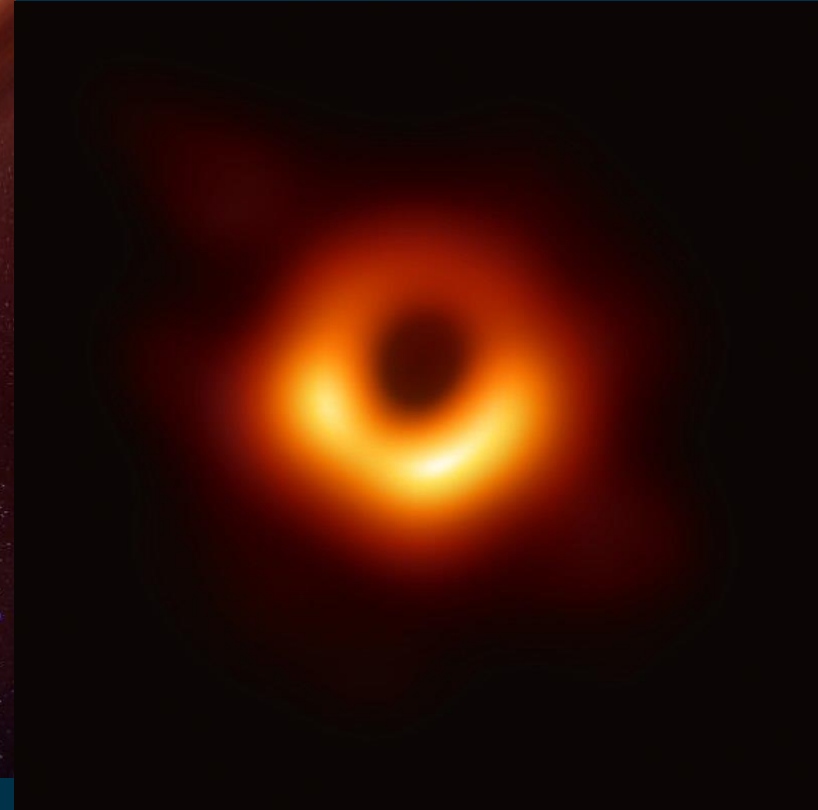
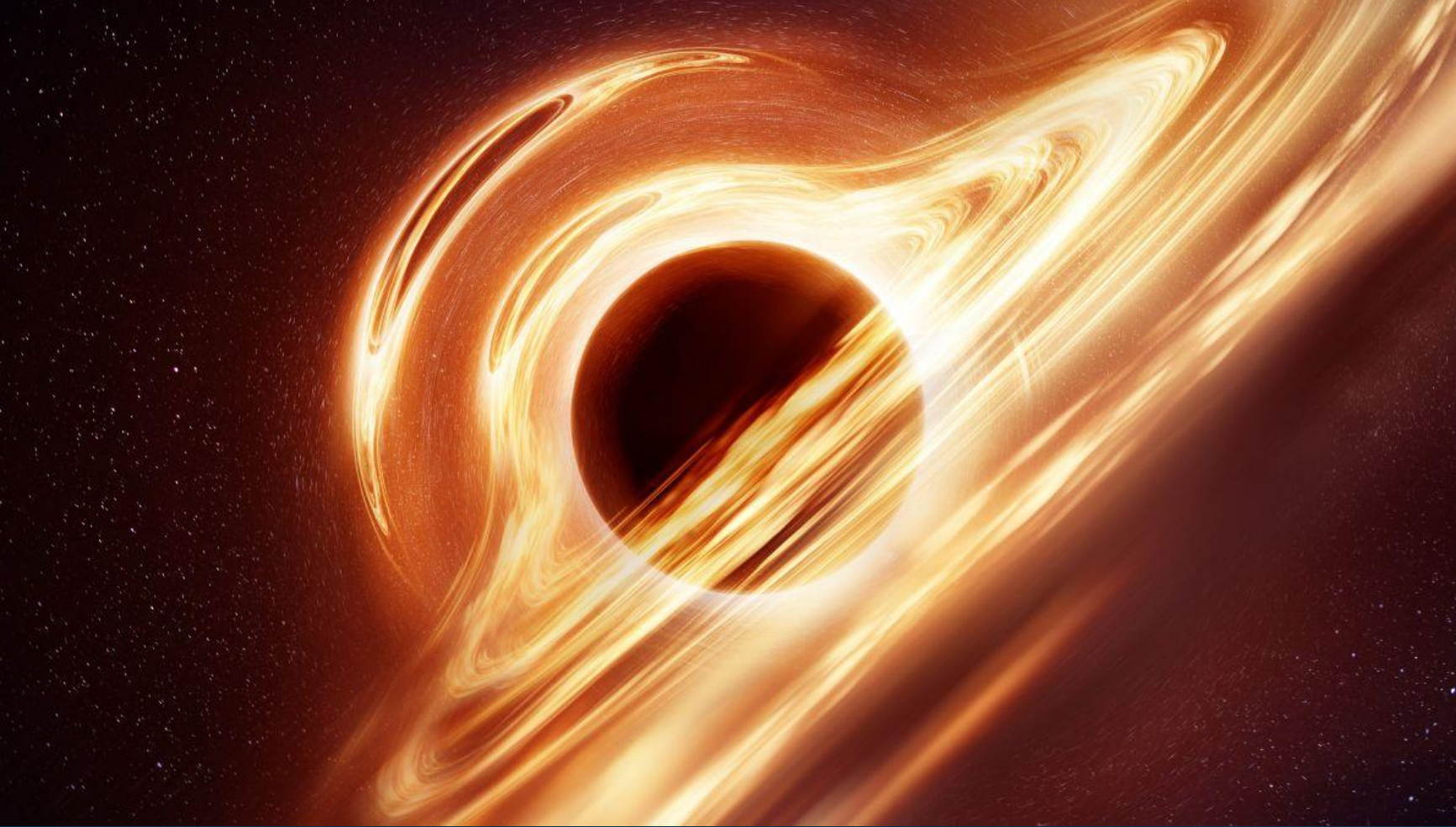
A black hole is an object whose gravity is so strong that nothing, not even light, can escape. (ESA)

Czarne dziury co to takiego?

A black hole is a place in space where gravity pulls so much that even light can not get out. The gravity is so strong because matter has been squeezed into a tiny space. This can happen when a star is dying. (NASA)

Czarna dziura – obszar czasoprzestrzeni, którego z uwagi na wpływ grawitacji, nic – łącznie ze światłem i informacją – nie może opuścić. (WIKI PL)

<https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691011516/active-galactic-nuclei>



Czarna dziura to sferyczny obszar w czasoprzestrzeni, silnie związany grawitacyjnie. Nie ma pewności jak zachowana jest materia w jej wnętrzu, jest ona ukryta pod horyzontem zdarzeń. Grawitacja obiektu jest tak silna, że nic nie jest w stanie wydostać się z horyzontu zdarzeń czarnej dziury, nawet światło.

LIGHT ECHOES FROM BEHIND A BLACK HOLE

XMM-Newton has for the first time singled out light coming from behind a black hole

Black hole

Diameter **30 million km**
10 million times the mass of our Sun

Flare

Extremely bright flash of X-rays lasting **2.5 hours**

Corona

60 million km high above black hole, producing X-rays

Light echoes

1.



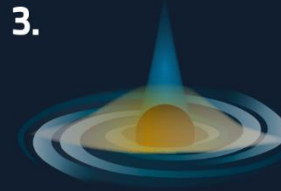
Hot, spinning disk of gas falling into black hole

2.



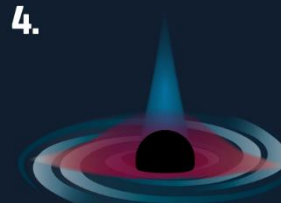
Corona produces bright flares of X-ray light

3.



X-rays reflect off the disk

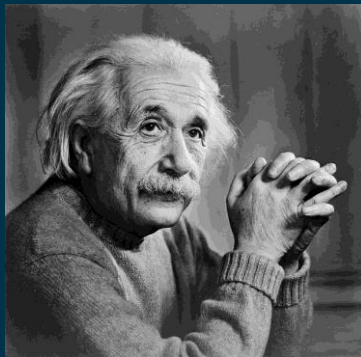
4.



X-ray echoes from behind the black hole are bent around it by extreme gravity

Teoria:

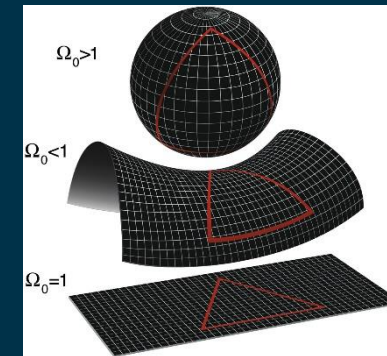
- Istnienie obiektów o polu grawitacyjnym niepozwalającym na ucieczkę światła jako pierwsi rozważali w XVIII wieku John Michell i Pierre Simon de Laplace
- Istnienie czarnych dziur rozważał w swojej pracy Albert Einstein 1915
- Pierwsze rozwiązanie równania Einsteina ogólnej teorii względności opisujące czarną dziurę znalazł w 1916 Karl Schwarzschild
- Roger Penrose (1931) – jego specjalność to teoria względności i gravitacji, w tym kwantowanie gravitacji i kosmologia teoretyczna, a także kwantowe fundamenty i geometria. Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki za 2020 rok – dzięki wykazaniu, że ogólna teoria względności przewiduje powstawanie czarnych dziur
- **Stephen William Hawking (1942 – 2018)** – specjalizował się w astrofizyce, w tym kosmologii. W ciągu trwającej ponad 40 lat kariery naukowej zajmował się głównie czarnymi dziurami i gravitacją kwantową. Wspólnie z Rogerem Penrose'em opracował twierdzenia odnoszące się do istnienia osobliwości w ramach ogólnej teorii względności oraz teoretyczny dowód na to, że czarne dziury powinny emitować promieniowanie, nazwane potem promieniowaniem Hawkinga



$$G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu}$$

geometria

materia



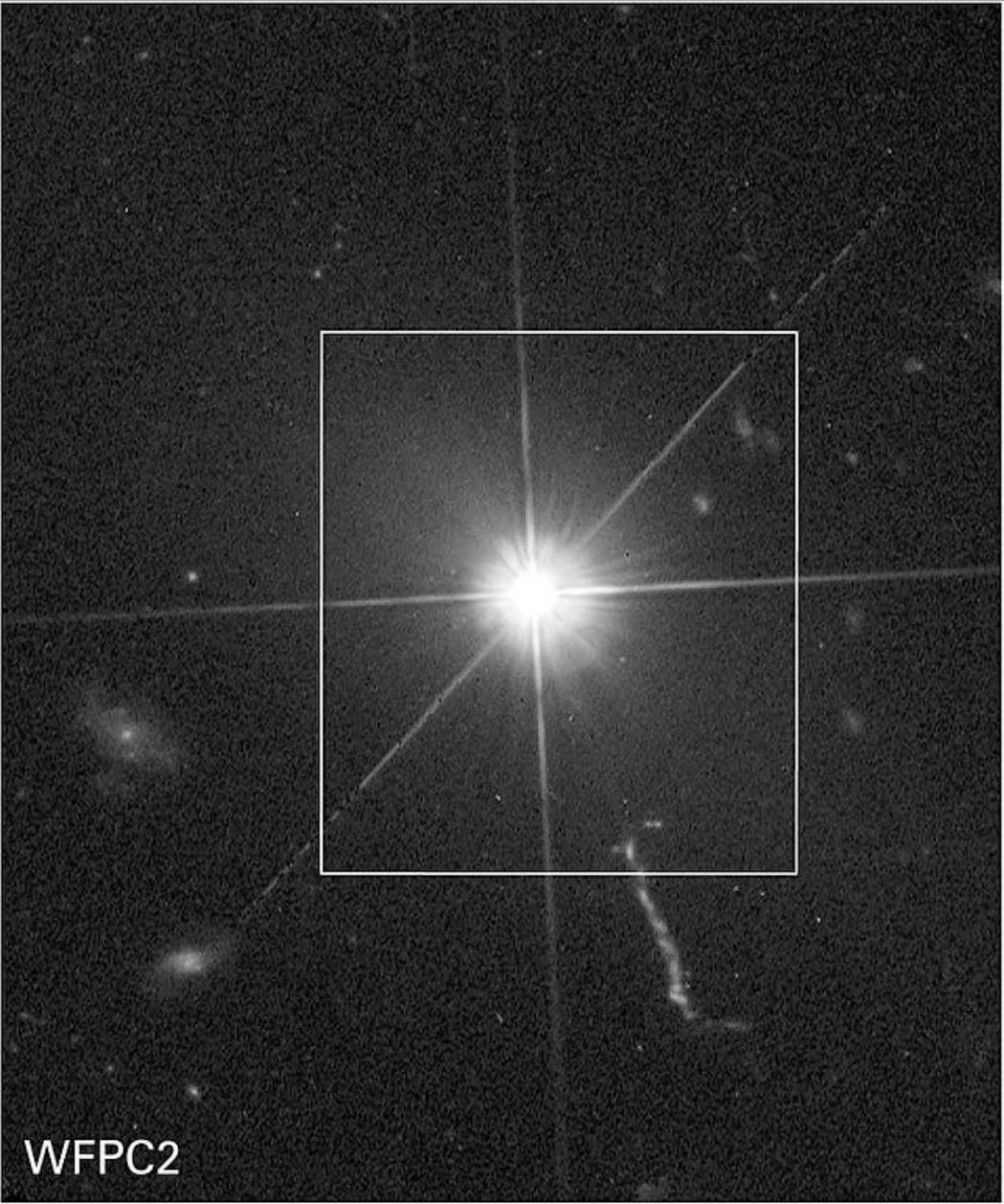
Supermasywne czarne dziury

Ich masy sięgają
milionów a nawet
miliardów Mas Słońca

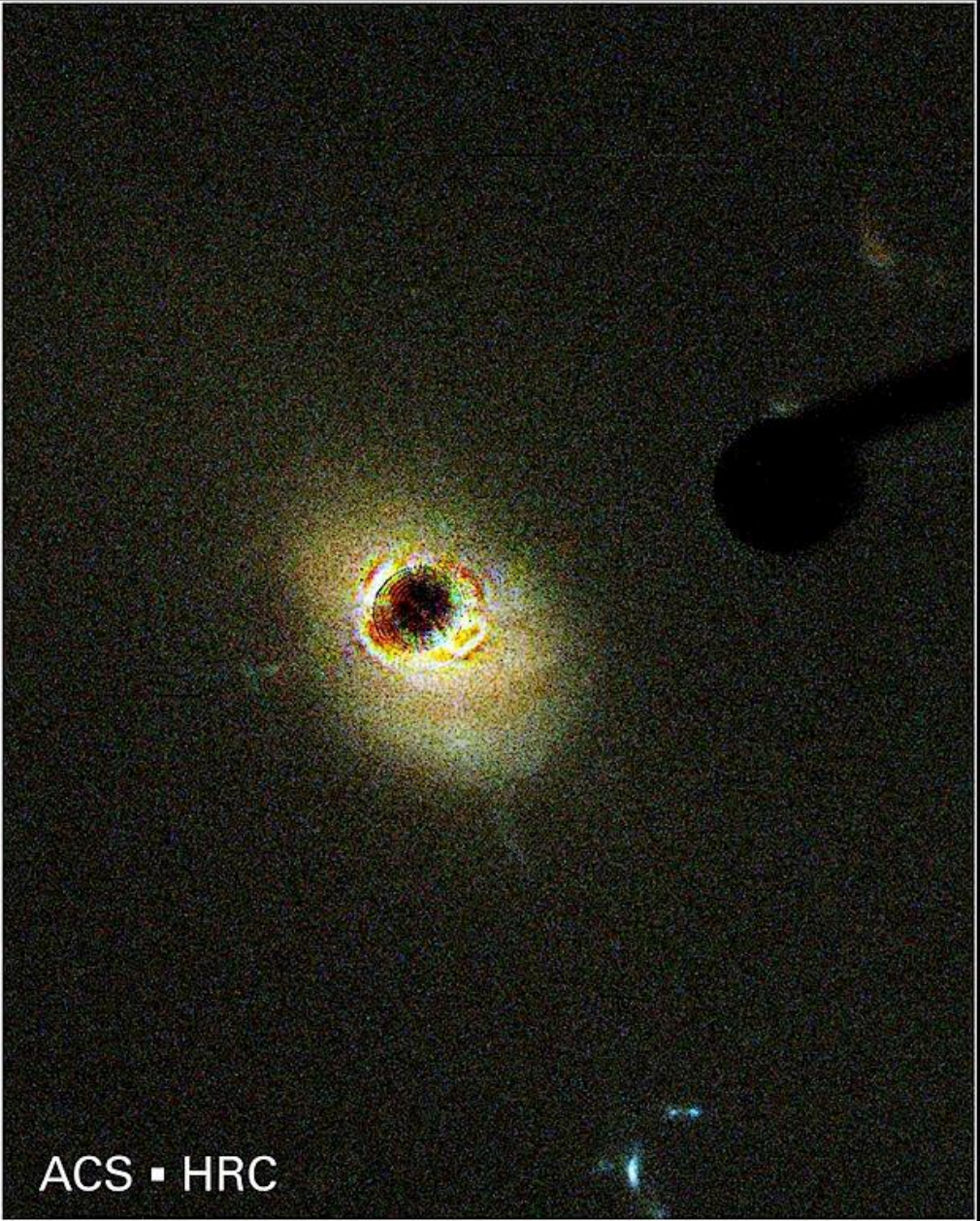


Supermasywne czarne dziury

Kwazar
3C 273



WFPC2

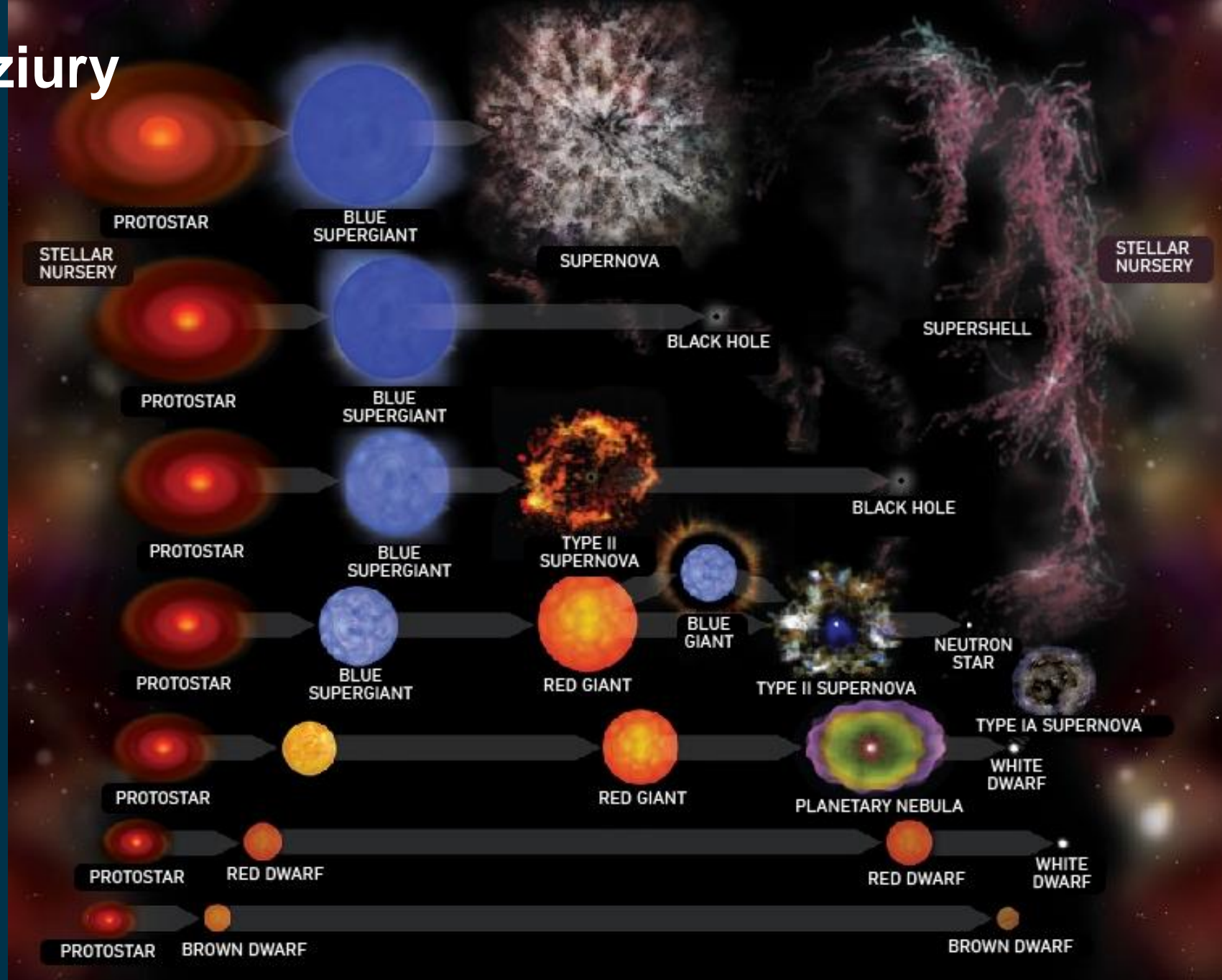


ACS ■ HRC



Gwiazdowe czarne dziury

powstaje w wyniku kolapsu grawitacyjnego masywnej gwiazdy (o masie większej niż ok. $20 M_{\odot}$).

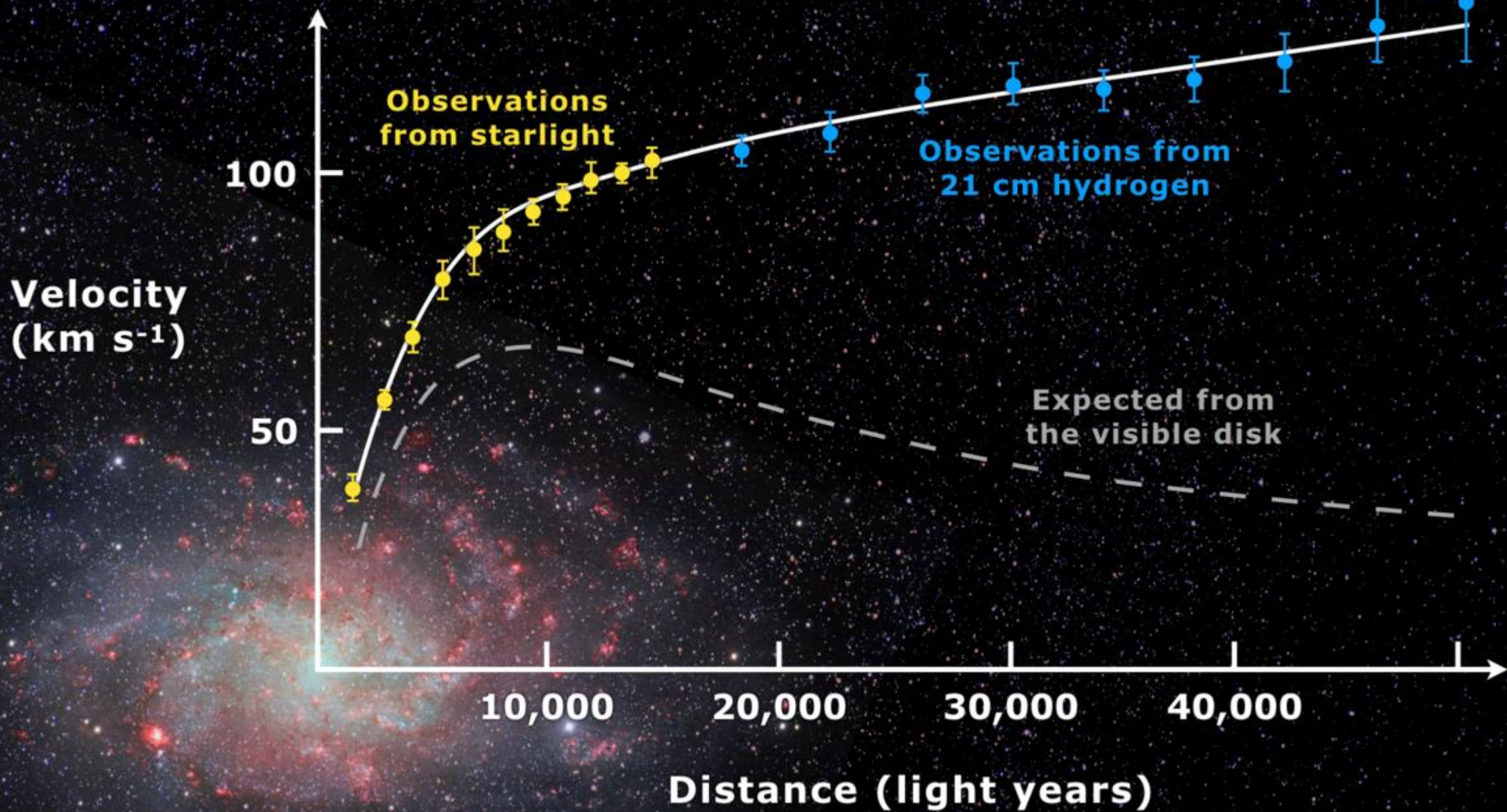


To czego nie widać: rozwój różnych metod obserwacyjnych oraz teorii:

- Vera Rubin 1928 – 2016 – odnalazła brakującą masę w galaktykach dzięki analizie prędkości obiektów w zależności od odległości od centrum
- Fritz Zwicky 1898 – 1974 – odnalazł brakującą masę w gromadach galaktyk, obserwując ruch gwiazd i ich upakowanie w takiej formacji
- Roman Juszkiewicz 1952 – 2012 i Bohdan Paczyński 1940 – 2007 – obserwowali wpływ niewidocznych obiektów na widoczny świat, rozwijając koncepcję soczewkowania grawitacyjnego

Konkretne badania wokół czarnych dziur

- Barry C. Barish and Kip S. Thorne – 2017 nagroda Nobla z fizyki za wykrycie fal grawitacyjnych
- Roger Penrose, Reinhard Genzel and Andrea Ghez – 2020 Nagroda Nobla z fizyki za badania czarnych dziur
- 2017 – LIGO i Virgo rejestrują pierwsze w historii fale grawitacyjne z układu podwójnego gwiazd neutronowych, a kilka tygodni później z układu dwóch czarnych dziur
- 2019 przedstawiono pierwsze w historii zdjęcie ukazujące cień czarnej dziury w centrum galaktyki M87, obraz uzyskano dzięki projektowi EHT



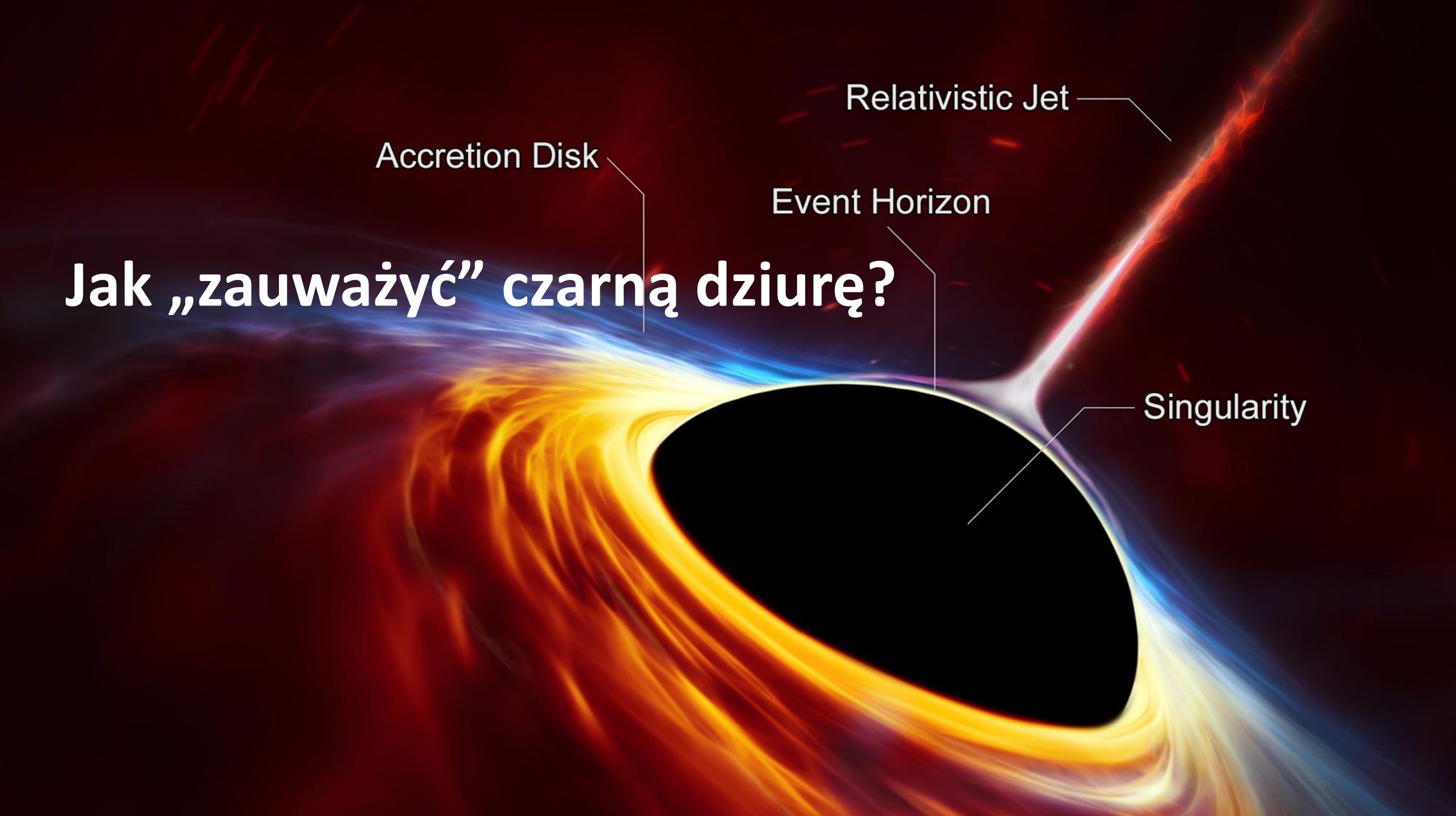
Jak „zauważyć” czarną dziurę?

Accretion Disk

Relativistic Jet

Event Horizon

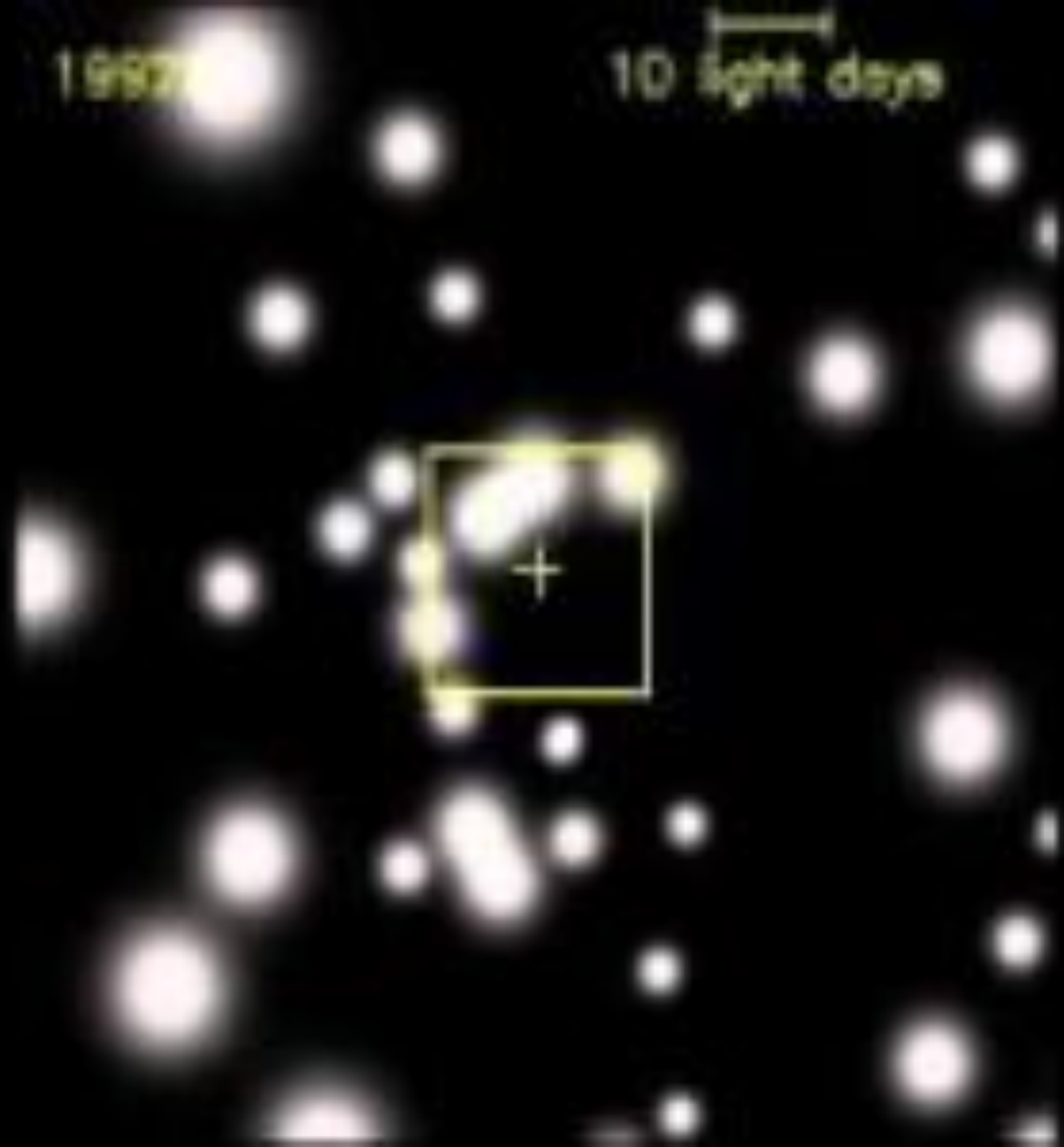
Singularity



Czarne dziury

Jak obecność czarnej dziury wpływa na pobliskie obiekty?

Centrum Drogi Mlecznej
Sagittarius A*.



Rozrywanie pływowe
obiektów przez super
masywne czarne dziury



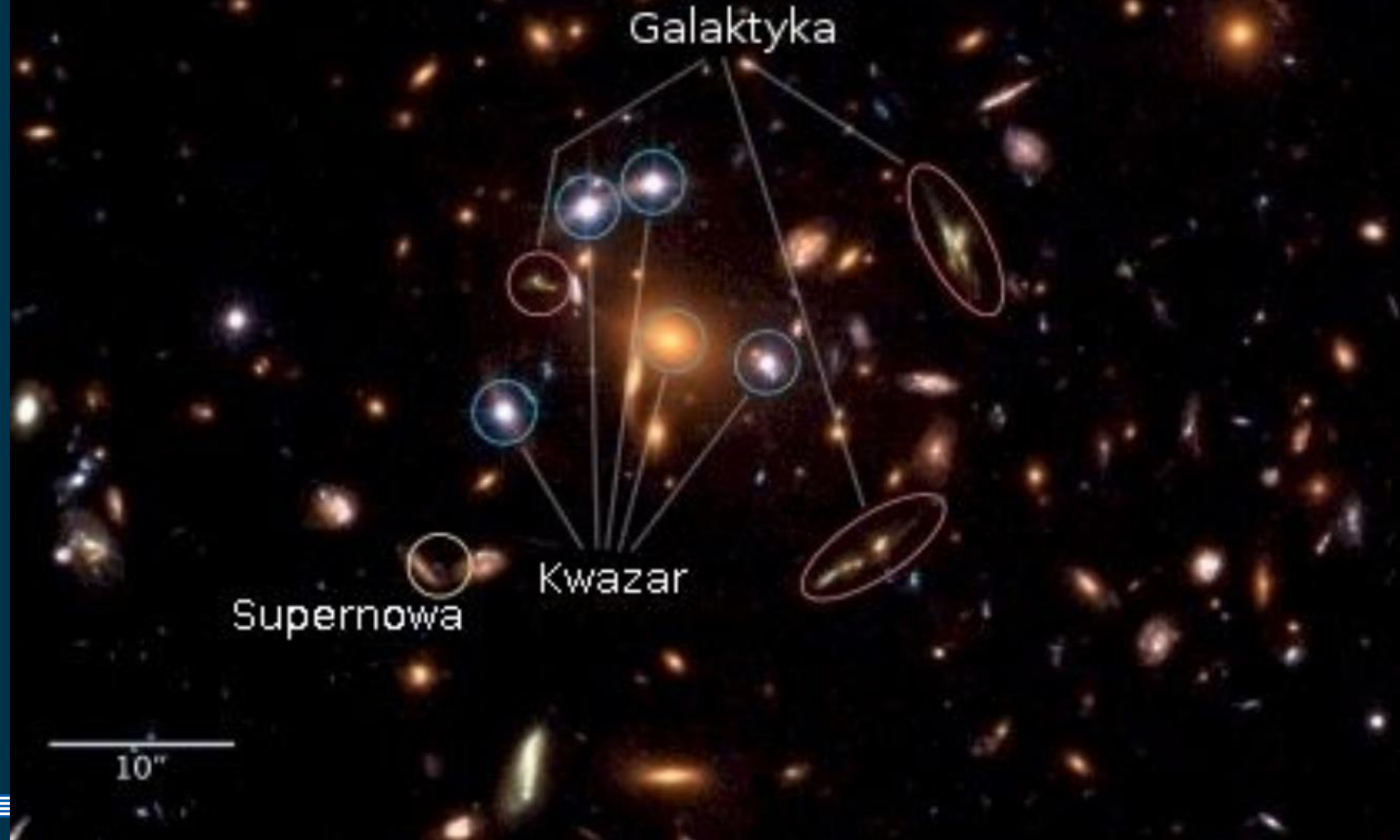
Soczewkowanie
grawitacyjne



Czarne dziury

Soczewkowanie
grawitacyjne

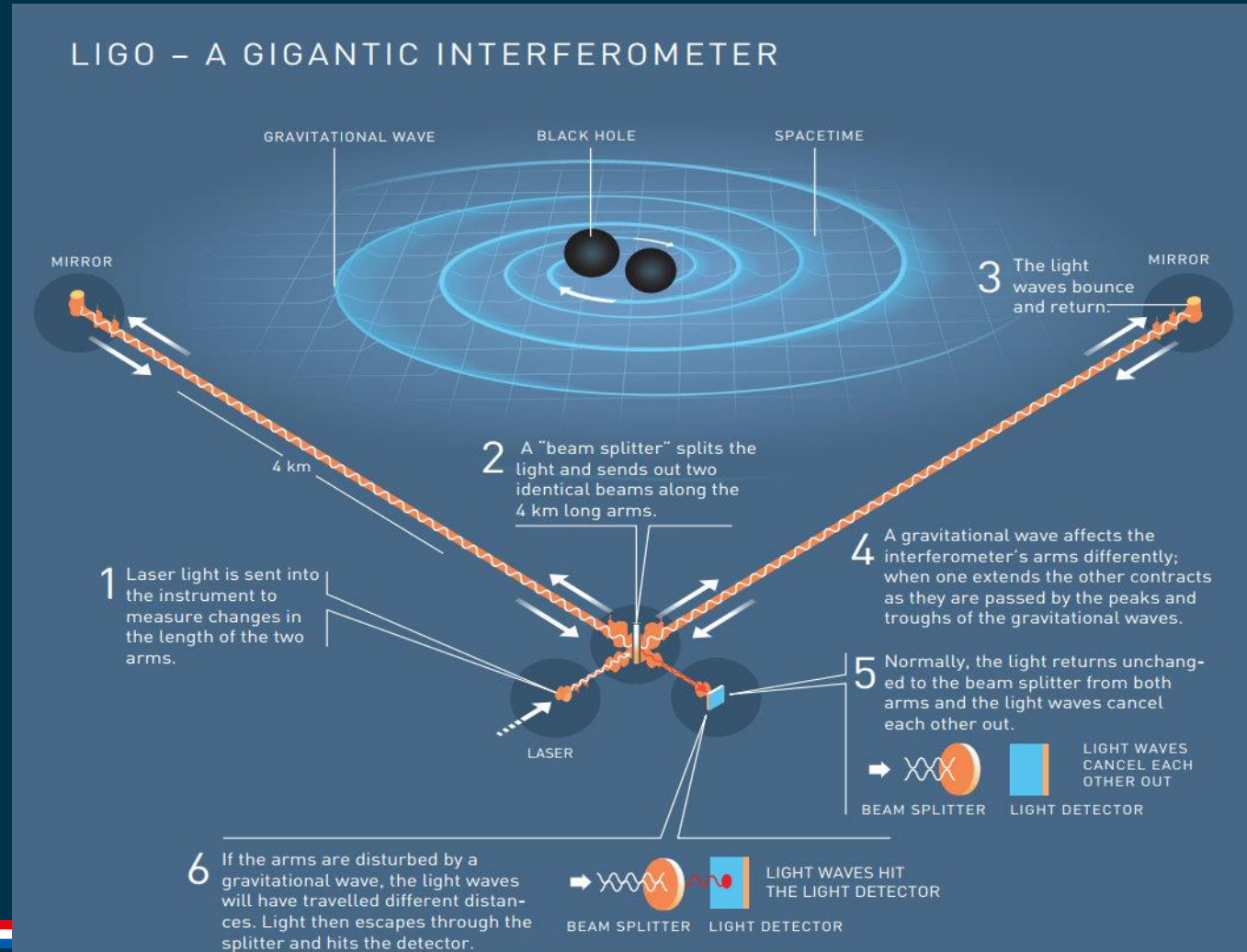
Gromada galaktyk SDSS J1004+4112
HST ACS/WFC



Czarne dziury

LIGO/VIRGO sieć obserwatoriów fal grawitacyjnych (*The Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory*) bazujący na zasadzie interferometru Michelsona.

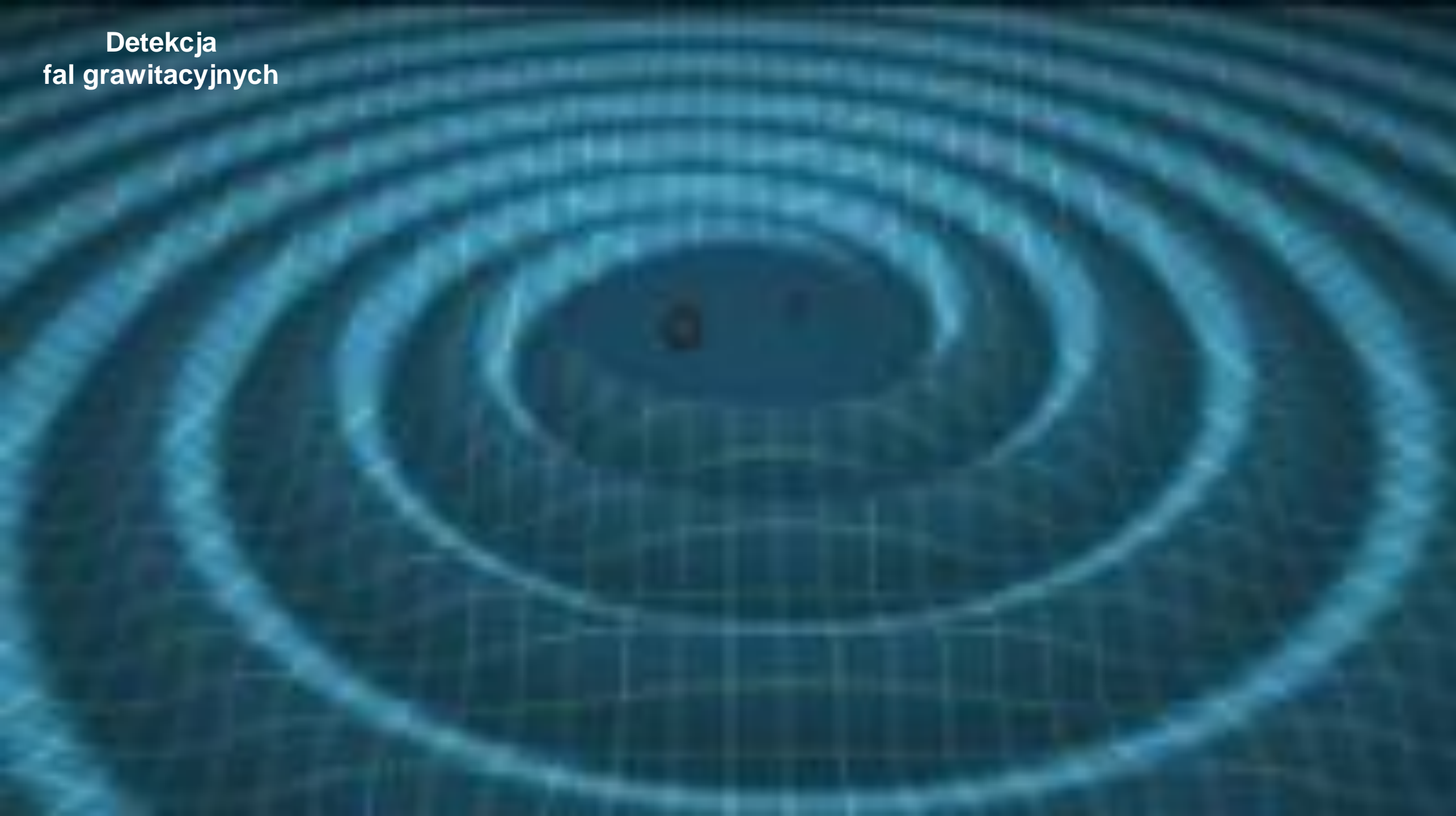
Dr hab. Dorota Gondek-Rosińska
Dr Michał Bejger



Detekcja
fal grawitacyjnych



Detekcja
fal grawitacyjnych



Teleskop Horyzontu Zdarzeń

Międzynarodowy program naukowy, którego zadaniem jest obserwacja przestrzeni kosmicznej znajdującej się w bezpośredniej bliskości czarnej dziury z rozdzielczością kątową porównywalną do rozmiarów horyzontu zdarzeń czarnej dziury. W programie bierze udział szereg radioteleskopów z całego świata pracujących na falach milimetrowych i submilimetrowych przy pomocy techniki znanej jako interferometria wielkobazowa

Dr. Maciej Wielgus

Prof. Marek Abramowicz

The project captured this image.



Kip Thorne

Wykorzystanie symulacji numerycznych do stworzenia obrazu czarnej dziury (2014-2015)



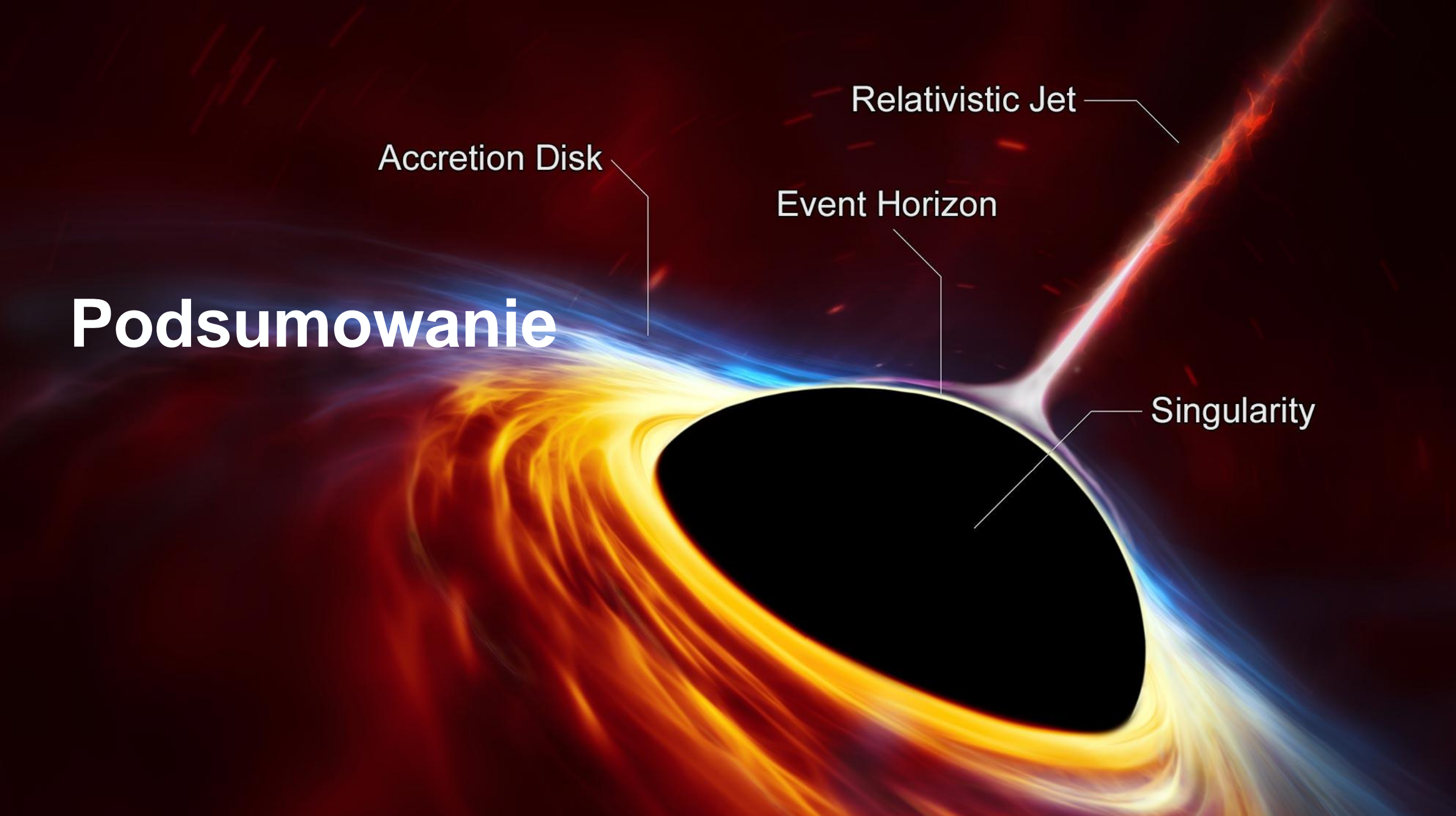
Podsumowanie

Accretion Disk

Relativistic Jet

Event Horizon

Singularity

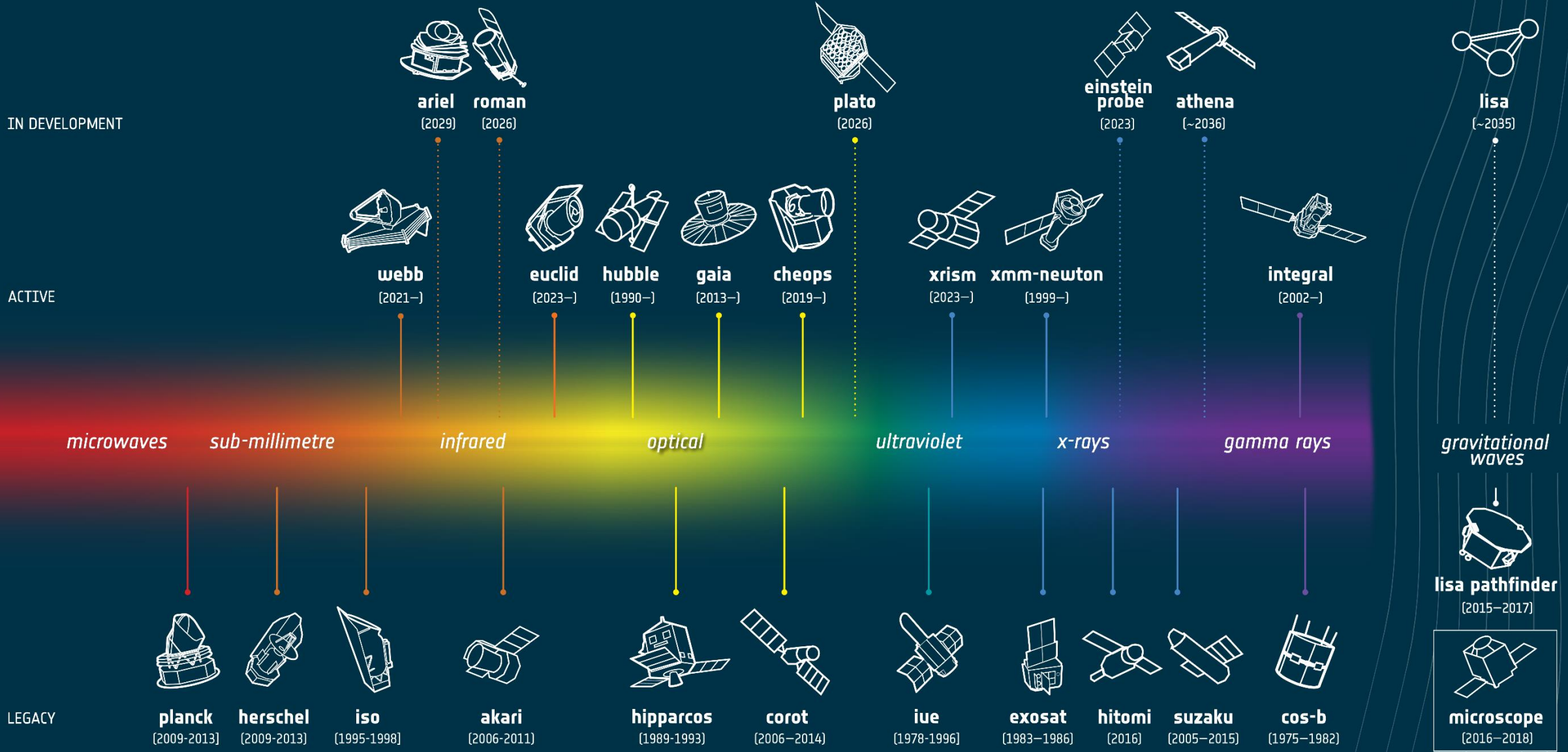


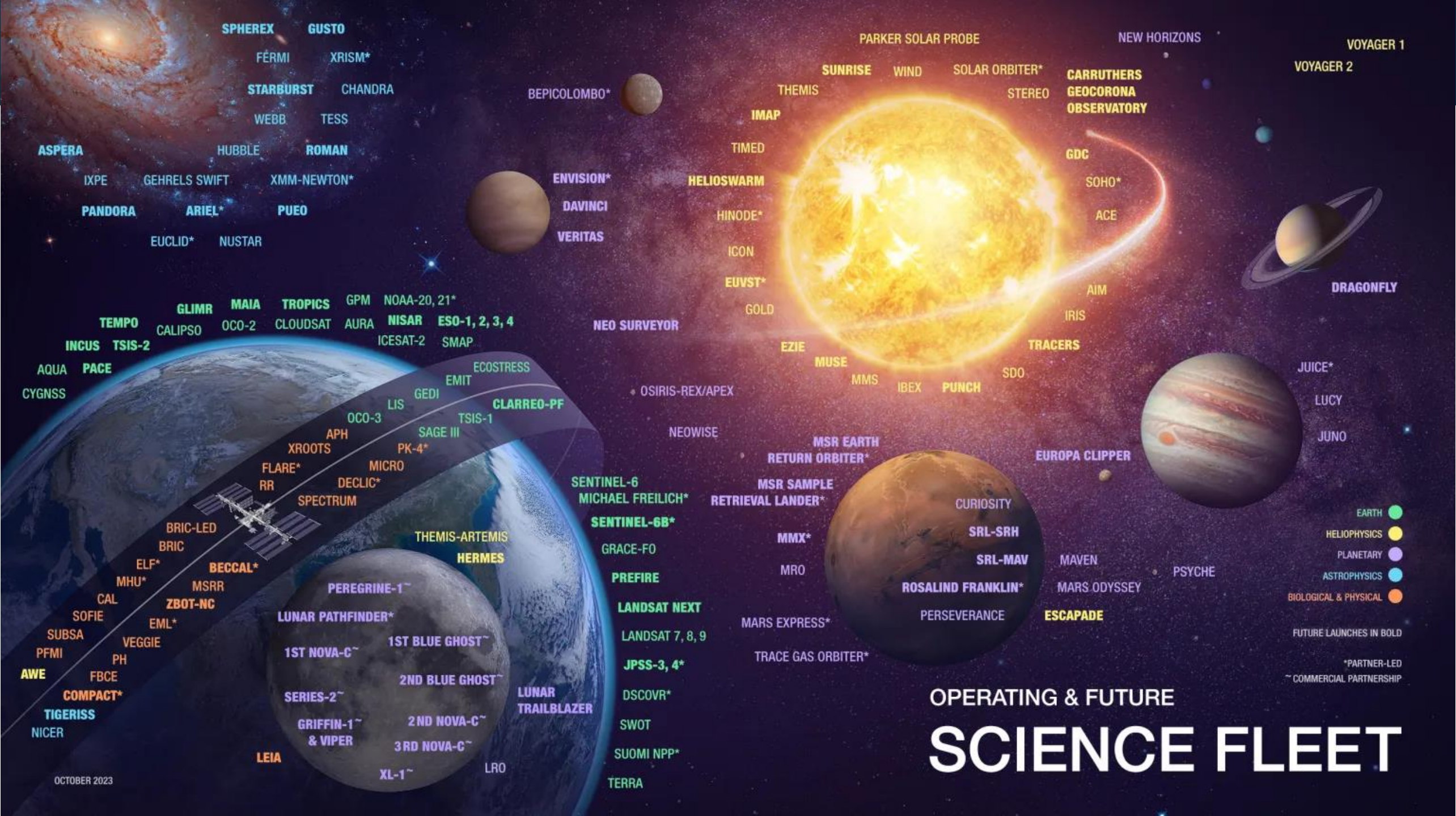
Czarna dziura to sferyczny obszar w czasoprzestrzeni, silnie związany grawitacyjnie. Nie ma pewności jak zachowana jest materia w jej wnętrzu, jest ona ukryta pod horyzontem zdarzeń. Grawitacja obiektu jest tak silna, że nic nie jest w stanie wydostać się z horyzontu zdarzeń czarnej dziury, nawet światło.

Jak ją znaleźć?

- Obserwacje jak obecność czarnej dziury wpływa na pobliskie obiekty? – przyspieszenie grawitacyjne/asysta grawitacyjna;
- Obserwacje jak rozrywa pływowo obiekty w jej pobliżu – tworzenie dysku akrecyjnego z silnie zjonizowaną plazmą;
- Dzięki metodzie soczewkowania grawitacyjnego;
- Obserwacje fal grawitacyjnych;
- Obserwacje fal milimetrowych i submilimetrowych przy pomocy techniki znanej jako interferometria wielkobazowa – teleskop horyzontu zdarzeń;
- Pogłębianie wiedzy teoretycznej oraz symulacji komputerowych – umożliwi to ulepszanie metod obserwacyjnych lub stworzenie nowych.

COSMIC OBSERVERS





SPHEREX GUSTO

FERMI XRISM*

STARBUST CHANDRA

WEBB TESS

HUBBLE ROMAN

ASPERA

IXPE GEHRELS SWIFT XMM-NEWTON*

PANDORA ARIEL* PUEO

EUCLID* NUSTAR

GLIMR MAIA TROPICS GPM NOAA-20, 21*

TEMPO CALIPSO OCO-2 CLOUDSAT AURA NISAR ESO-1, 2, 3, 4

INCUS TSIS-2

AQUA PACE

CYGNSS

ECOSTRESS

EMIT

CLARREO-PF

OCO-3 LIS GEDI

APH SAGE III TSIS-1

PK-4*

FLARE* MICRO

RR DECLIC*

SPECTRUM

THEMIS-ARTEMIS

HERMES

PEREGRINE-1~

LUNAR PATHFINDER*

1ST NOVA-C~

1ST BLUE GHOST~

2ND BLUE GHOST~

2ND NOVA-C~

3RD NOVA-C~

XL-1~

LEIA

BEPICOLOMBO*

ENVISION*

DAVINCI

VERITAS

NEO SURVEYOR

OSIRIS-REX/APEX

NEOWISE

SENTINEL-6

MICHAEL FREILICH*

SENTINEL-6B*

GRACE-FO

PREFIRE

LANDSAT NEXT

LANDSAT 7, 8, 9

JPSS-3, 4*

DSCOVR*

SWOT

SUOMI NPP*

TERRA

PARKER SOLAR PROBE

SUNRISE

WIND

SOLAR ORBITER*

NEW HORIZONS

VOYAGER 1

VOYAGER 2

CARRUTHERS
GEOCORONA
OBSERVATORY

STEREO

THEMIS

IMAP

TIMED

HELIOSWARM

Hinode*

ICON

EUVST*

GOLD

EZIE

MUSE

MMS

IBEX

PUNCH

TRACERS

SDO

MSR EARTH
RETURN ORBITER*

MSR SAMPLE
RETRIEVAL LANDER*

MMX*

MRO

MARS EXPRESS*

TRACE GAS ORBITER*

CURIOSITY

SRL-SRH

SRL-MAV

ROSALIND FRANKLIN*

PERSEVERANCE

EUROPA CLIPPER

MAVEN

MARS ODYSSEY

ESCAPADE

PSYCHE

EARTH ●

HELIOPHYSICS ●

PLANETARY ●

ASTROPHYSICS ●

BIOLOGICAL & PHYSICAL ●

FUTURE LAUNCHES IN BOLD

*PARTNER-LED

~ COMMERCIAL PARTNERSHIP

OPERATING & FUTURE SCIENCE FLEET

Doświadczenie na dziś



Poruszane wątki

- Czarne dziury
- Grawitacja
- Zakrzywienie przestrzeni

Rozwijane umiejętności

- zdolności manualne
- kreatywne myślenie
- wyobraźnia przestrzenna
- obserwowanie i wyciąganie wniosków

Metody Pracy

- praca indywidualna
- praca zespołowa
- praca manualna

Aktywności organizowane przez naszych partnerów oraz warte polecenia



Kilka niezbędnych informacji:

- **Typ wydarzenia:** webinar
- **Dla kogo:** nauczycielki/e, edukatorzy/ki, dzieci i młodzież
- **Kiedy:** 27 maja 2024 r., godzina 18:00
- **Lokalizacja:** YouTube

<https://www.youtube.com/watch?v=fLbYeineFN8>

- **Tematyka:** moon camp, projektowanie habitatów kosmicznych
- **Język prowadzenia:** polski

Gościnią będzie dr Anna Łosiak, geolożka planetarna, która pracuje w Instytucie Nauk Geologicznych PAN – bada małe kratery uderzeniowe na Ziemi oraz powierzchnię Marsa. Absolwentka Uniwersytetu Warszawskiego, Michigan State University oraz Uniwersytetu w Wiedniu. Stypendystka Marie Skłodowska-Curie Actions Individual Fellowship, Fulbrighta i grantów NCN oraz Fundacji dla Nauki Polskiej. Pracowała naukowo w Lunar and Planetary Institute w Houston, gdzie miała dostęp do super tajnych laboratoriów NASA. Prowadziła badania terenowe w kilkunastu kraterach uderzeniowych na całym świecie, wielokrotnie narażając się na niebezpieczeństwo porwania przez trąbę powietrzną, zaginięcia na pustyni, ataku dzikich zwierząt, upadku z dużej wysokości.

→ SPOTKAJ EKSPERTKĘ



Gdzie zbudować bazę kosmiczną

dr Anna Łosiak, geolożka planetarna
27 maja 2024, godz. 18.00

- Dla dzieci poniżej 12 roku życia
- Co miesiąc
- Aktualnie otwarty: zgłoszenia do 31 maja
- Zgłoszenie wysyłają rodzice/opiekunowie

Temat pracy – Robot w kosmosie

SPACE GALLERY
COMPETITION



Europejski konkurs plastyczny. Czy chciałbyś zobaczyć własną grafikę kosmiczną na stronie ESA Kids? Oto Twoja szansa! Każdego miesiąca ESA Kids bardziej szczegółowo przygląda się innej tematyce. Tematy obejmują wszystko, od orbit i planet po astronautów i asteroidy.

Dziełem sztuki może być rysunek, obraz, model lub aplikacja... użyj swojej wyobraźni!

Najlepsze prace zostaną wybrane i trafią do Kosmicznej Galerii na stronie ESA Kids, a zwycięzca konkursu otrzyma specjalną nagrodę od Europejskiej Agencji Kosmicznej.

Kilka niezbędnych informacji:

- **Kiedy:** 2 i 3 lipca 2024 r. (wtorek i środa)
- **Poziom:** nauczyciele i wychowawcy wszystkich etapów edukacji, edukatorzy
- **Język:** angielski
- **Wymagania wstępne:** brak, każda osoba zainteresowana znajdzie coś dla siebie
- **Certyfikat:** uczestnicy otrzymają zaświadczenie o uczestnictwie
- **Termin rejestracji:** otwarta do 28 czerwca (09.00 CEST) 2023, aplikuj już teraz! [FORMULARZ](#)
- **Pełny program konferencji:** na [stronie ESA Education](#)

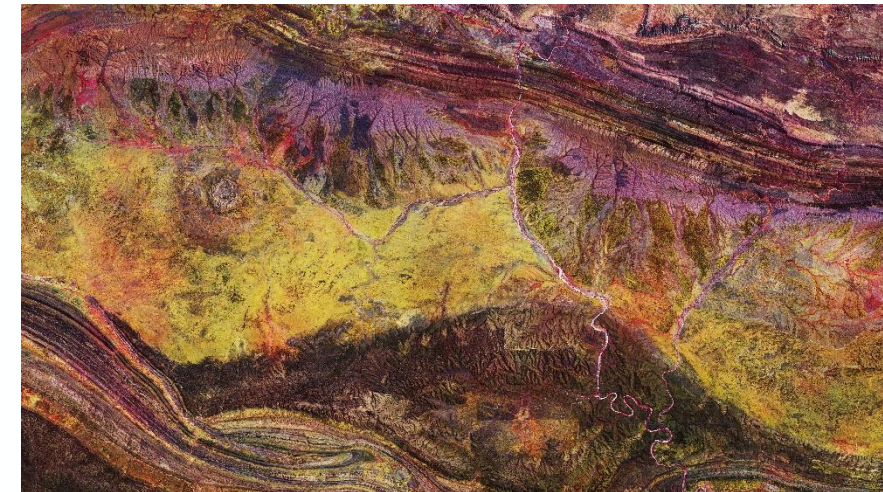
Kto może się zgłosić?

Konferencja jest otwarta dla nauczycielek i nauczycieli szkół podstawowych i średnich, edukatorek i edukatorów, mieszkających i pracujących w dowolnym państwie członkowskim ESA, a także w Kanadzie, Łotwie, Litwie, Słowacji i Słowenii.



- **Dla kogo:** nauczycieli/ek, edukatorów/ek edukacji pozaformalnej, rodziców
- **Czas trwania:** cały rok
- **Po ukończeniu kursu przyznawany jest certyfikat**

Możesz rozpocząć go w każdym momencie! Jest to kurs zawierający 6 modułów tematycznych opartych na wykorzystaniu danych satelitarnych w edukacji. Jest skierowany głównie (ale nie tylko) do **osób uczących w szkołach ponadpodstawowych**, zwłaszcza takich przedmiotów jak **geografia, fizyka, biologia czy wiedza o społeczeństwie**. Wszystkie umiejętności łatwo mogą zostać zaadaptowane na inne przedmioty szkolne i poziomy edukacji. **Wszystkie zadania możesz robić po swojemu** – w swoim tempie, według dowolnej kolejności. Informacje o wymaganiach przy **uzyskaniu certyfikatu** znajdują się na [stronie kursu](#).



Magia żywności na ziemi i w kosmosie

Kilka niezbędnych informacji:

- **Typ wydarzenia:** konkurs ogólnopolski
- **Dla kogo:** uczniowie i uczennice klas 1-8 szkoły podstawowej
- **Zespół:** zgłoszenie można wykonać indywidualnie lub w parach
- **Temat:** Woda
- **Zgłoszenia:** 31 maja 2024 r.
- **Ogłoszenie wyników:** 10.06.2024 r. podczas Pikniku Naukowego "A to ciekawe!" w Powiatowym Centrum Edukacji w Brzesku

Zadaniem konkursowym jest przygotowanie filmu (do 3 minut) z przeprowadzenia eksperymentów wokół tematu przewodniego, czyli wody. Należy przygotować opis doświadczenia.

Magia żywności na ziemi i w kosmosie. Dlaczego warto wziąć udział w konkursie?

- Rozwój umiejętności badawczych i obserwacyjnych
- Poszerzenie wiedzy z różnych dziedzin nauki
- Rozwijanie kreatywności i pomysłowości
- Satysfakcja z samodzielnego odkrywania
- Szansa na zdobycie cennych nagród



**MAGIA ŻYWIŁÓW
NA ZIEMI I W KOSMOSIE**

STARTUJEMY 1.04.2024

DOŚWIADCZENIE MIĘDZY
ZIEMIĄ A KOSMOSEM

TEMAT PRZEWODNI - WODA

3-MINUTOWY FILM
WRAZ Z OPISEM

UWAGI!
ZMIANA TERMINU NADSYŁANIA PRAC
**31.05.2024
GODZ. 23:59:59 ;)**

SZCZEGÓŁOWY REGULAMIN KONKURSU NA STRONIE INTERNETOWEJ: WWW.PCE-BRZESKO.PL

Q&A



Strona ESERO Polska:
<https://esero.kopernik.org.pl/>

Media społecznościowe ESERO Polska:
<https://www.facebook.com/eseropolska>

Newsletter ESERO Polska:
<https://esero.kopernik.org.pl/newsletter/>

→ O KOSMOSIE PRZY KAWIE



Kolejne spotkanie

12.06.2024 r. godz. 18:00

„Kosmiczne
eksperymentowanie”

Poland



Dziękuję za uwagę 😊

Justyna Średzińska

Europejskie Biuro Edukacji Kosmicznej ESERO Polska
Centrum Nauki Kopernik

Tematyka kosmiczna STE(A)M

Program Edukacyjny ESA wykorzystuje fascynację i niesamowity zasób wiedzy generowanej przez unikalny europejski program kosmiczny z korzyścią dla młodszego pokolenia i dla rozwoju całego społeczeństwa.

Koncentruje się na formalnej (programowej) edukacji szkolnej i wykorzystuje kosmos jako kontekst nauczania i uczenia się dla dyscyplin STE(A)M jako całości. Ma na celu wzbudzenie zainteresowania i pielęgnowanie umiejętności oraz kompetencji w zakresie STE(A)M, podstawowych wartości i postaw oraz wspiera cele zrównoważonego rozwoju ONZ.

- Zróżnicowane tematy
- Interdyscyplinarność i złożoność projektów
- Prowadzenie projektu naukowo-badawczego
- Wykorzystanie nowoczesnych technologii
- Kontakt z ekspertkami/ekspertami sektora kosmicznego
- Modelowanie ról i świadomości zawodowej



MOON CAMP



CLIMATE DETECTIVES

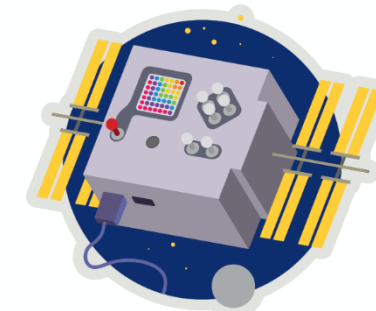


CANSAT

SPACE GALLERY
COMPETITION
2023



Northern Lights

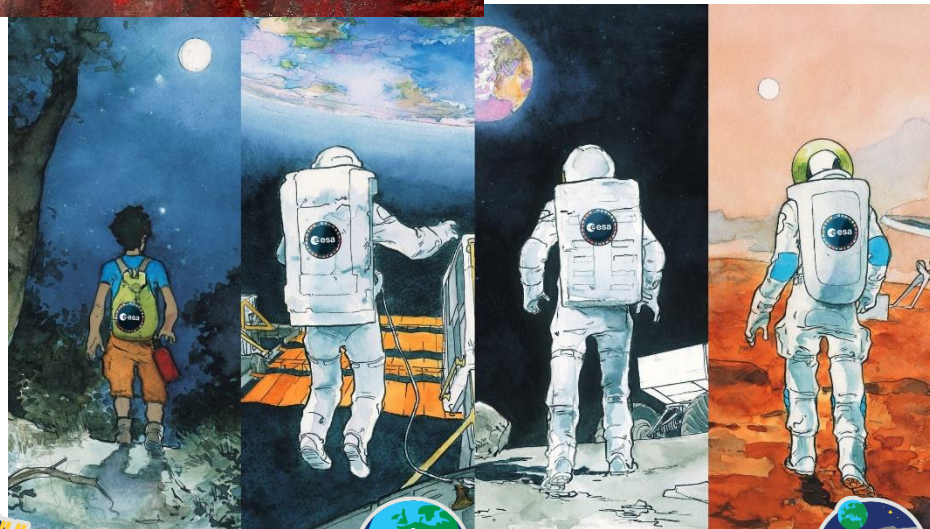


ASTRO PI



Wyzwania ESA – co mogę zrobić dla siebie już dziś?

CENTRUM
NAUKI
KOPERNIK



CANSAT



ASTRO PI



CLIMATE DETECTIVES



MOON CAMP



MISSION X

