

→ O KOSMOSIE PRZY KAWIE

**Astrofizyka w edukacji:
porozmawiajmy o
czarnych dziurach**



CENTRUM
NAUKI
KOPERNIK

A graphic featuring a white coffee cup with a purple rim, filled with dark liquid. The cup is centered within a circular frame that resembles a clock face. Overlaid on this are several elliptical orbital paths in orange and purple, with small dots representing celestial bodies. A four-pointed starburst is positioned to the right of the cup.

→ O KOSMOSIE PRZY KAWIE

HARMONOGRAM

16.02.2022 r. godz. 18:00

18:00 – 18:05 łączenie w aplikacji

18:05 – 18:10 wprowadzenie do spotkania

18:10 – 18:30 astrofizyka w edukacji: czarne dziury

18:30 – 18:50 kosmiczna lekcja dla szkół ponadpodstawowych – scenariusz

18:50 – 19:10 kosmiczna lekcja dla szkół podstawowych – scenariusz

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

19:20 – 19:30 sesja Q&A, aktualności programu ESERO-Polska



Polska

Austria

Irlandia

Belgia

Luksemburg

Czechy

Niemcy

Dania

Norwegia

Estonia

Portugalia

Finlandia

Rumunia

Francja

Wielka Brytania

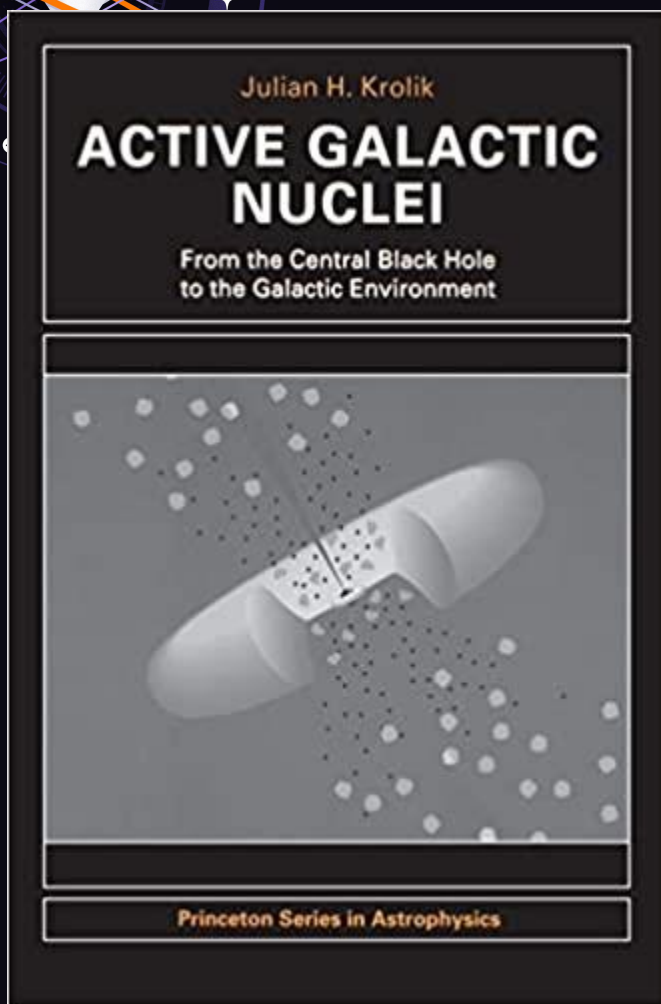
Hiszpania

Włochy

Holandia



Wprowadzenie



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?

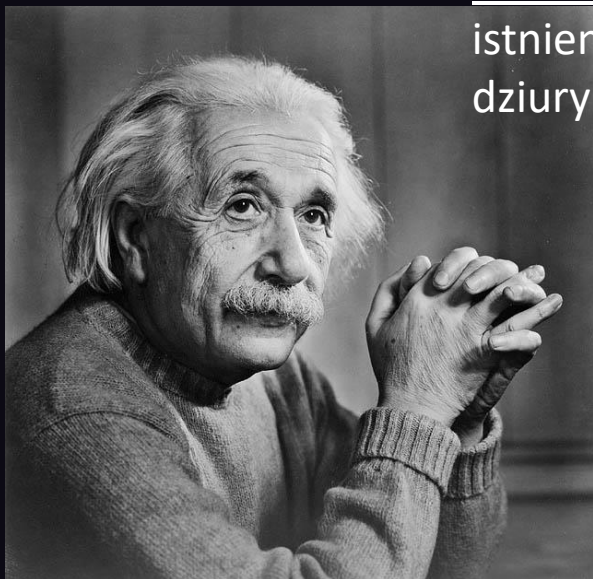
A black hole is a place in space where gravity pulls so much that even light can not get out. The gravity is so strong because matter has been squeezed into a tiny space. This can happen when a star is dying. (NASA)

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



Teoria:

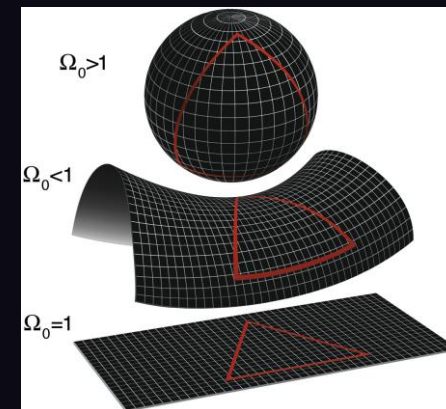
- Istnienie obiektów o polu grawitacyjnym niepozwalającym na ucieczkę światła jako pierwsi rozważali w XVIII wieku John Michell i Pierre Simon de Laplace
- Istnienie czarnych dziur rozważał w swojej pracy Albert Einstein 1915
- Pierwsze rozwiązanie równania Einsteina ogólnej teorii względności opisujące 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





TIMELINE

→ **1916**

Karl Schwarzschild discovers that Einstein's theory of general relativity allows for a point of infinite density.

→ **1931**

Radio astronomers find a bright signal coming from the center of the Milky Way.

→ **1963**

Quasars are found to be so bright that they must be powered by supermassive black holes.

→ **1965**

Roger Penrose calculates that any sufficiently dense object must form a black hole.

→ **1974**

New observations of the Milky Way's center reveal a bright object called Sagittarius A*.

→ **1990s**

Reinhard Genzel and **Andrea Ghez** begin observing the stars around Sagittarius A*.



Nadszedł czas na obserwacje

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

https://www.youtube.com/watch?v=em2ypm33ulc&feature=emb_logo





Kip Thorne

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



<https://www.youtube.com/watch?v=Cw-Y5oR6M-A>



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.



<https://www.youtube.com/watch?v=xsnjYC64RqA&t=1s>





Wprowadzenie

Czarne dziury

Prosto z nieba – sezon na czarne dziury: <https://www.youtube.com/watch?v=tlE5NinJfW4>

Teleskop Horyzontu Zdarzeń: https://www.youtube.com/watch?v=j0Z0P_E84ik

Einstein kontra Einstein: <https://www.youtube.com/watch?v=a-TMV1L-KpQ>

Astronarium: <https://www.youtube.com/watch?v=SgK0A0ijXvs>

Urania Postępy Astronomii: <https://www.uranian.edu.pl/search/node?keys=czarna+dziura>



Czarne dziury w edukacji

dyskusja

→ O KOSMOSIE PRZY KAWIE



Eksperyment na dziś

<https://www.youtube.com/watch?v=EAT7sVedZmQ&t=1s>

GRAVITY WELLS

Explains how gravity wells work





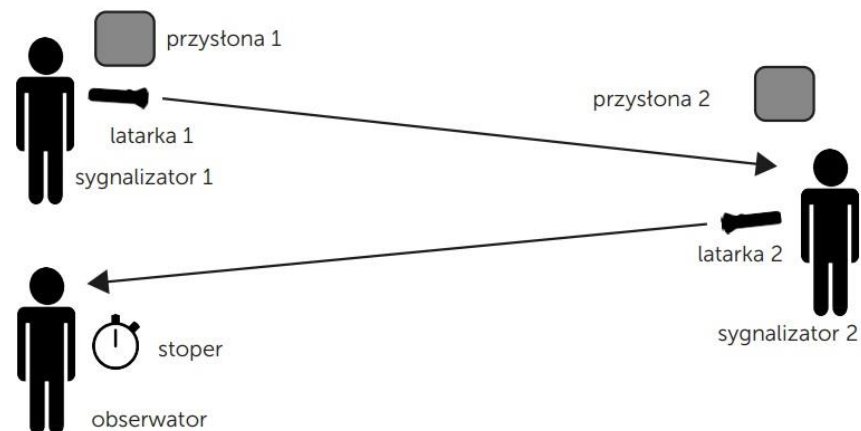
Scenariusze lekcji na dziś



kosmiczna lekcja dla szkół ponadpodstawowych

Galileusz i prędkość światła

<https://esero.kopernik.org.pl/wp-content/uploads/2019/12/04-Galileusz-i-pr%C4%99dko%C5%9B%C4%87-%C5%9Bwiat%C5%82a.pdf>



9. Wykonajcie pomiar trzy razy i zanotujcie wyniki uzyskane przez waszą grupę na [karcie pomiaru](#).



kosmiczna lekcja dla szkół podstawowych

Niebo i Ziemia nocą

https://esero.kopernik.org.pl/wp-content/uploads/2021/04/Niebo_i_Ziemia_noc%C4%85.pdf

Załącznik 2

Arkusze do dyskusji

Wzór do obliczenia liczby gwiazd widzianych na niebie:

$$N = \frac{8L^2}{D^2} * A$$

A – średnia liczba gwiazd widzianych przez tubę

L – długość tuby

D – średnica tuby

N – całkowita liczba gwiazd widocznych na niebie



Otwarte konkursy i aktywności kosmiczne – przegląd



otwarte konkursy i aktywności kosmiczne

Astro Pi misja zero, zgłoszenia do 18.03.2022r.:

<https://esero.kopernik.org.pl/astro-pi-misja-zero-zgloszenia-do-18-marca/>

28.02.2022 o godzinie 18:00 na kanale Polskiej Agencji Kosmicznej (POLSA) odbędzie się spotkanie dot. programowania i karier w sektorze kosmicznym.

Moon Camp, zgłoszenia do 21.04.2022r.:

<https://esero.kopernik.org.pl/moon-camp-zgloszenia-do-21-kwietnia/>

Warsztaty w CNK, na naszej nowej wystawie 22 lutego 2022 r., godz. 15.00–18.30:

<https://www.kopernik.org.pl/aktualnosci/warsztaty-wokol-wystawy-przyszlosc-jest-dzis>



otwarte konkursy i aktywności kosmiczne

Warsztaty dla nauczycieli/ek ESA:

https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Sign_up_for_the_Spring_2022_ESA_Teach_with_Space_online_teacher_trainings?fbclid=IwAR3ALEiaRetKTb7whV7Mgt4BGbCk7ze4gLeQAoeVjVhUd5uOp5HaVILuALU

Spotkanie online „Teleskopem przez Galaktykę – 30 lat badań OGLE | Dzień Nauki Polskiej” 18.02.2022r., 19:00

<https://fb.me/e/1QcwKYzLM>

Spotkanie online „Kosmiczne projekty młodych naukowców”, 24.02.2022r., 20:00

<https://www.facebook.com/events/642389263878046/>



Q&A



Q&A

Jak daleko jest najbliższa czarna dziura?

Kandydatki na czarne dziury

W 2020 roku wykryto kandydatkę na czarną dziurę, znajdującą się w systemie potrójnym HD 6819, położonym zaledwie 1000 lat świetlnych od nas. Jednak już tego samego roku podważano tą informację:

1. <https://www.uranian.edu.pl/wiadomosci/wykryto-najblizsza-wzgledem-ziemi-czarna-dziura>
2. <https://www.uranian.edu.pl/wiadomosci/watpliwosci-zwiazane-z-pobliska-czarna-dziura>

W 2021 roku zaobserwowano kandydatkę na czarną dziurę o nazwie „Jednorożec” znajdującą się 1500 lat świetlnych od Ziemi.

Artykuł: <https://arxiv.org/abs/2101.02212>

Potwierdzone czarne dziury

Aktualnie najbliższą znaną nam supermasywną czarną dziurą jest Sagittarius A* w centrum naszej Galaktyki Drogi Mlecznej. Znajduje się ok. 25 600 lat świetlnych od nas.

Aktualnie najbliższą, potwierdzoną czarną dziurą jest Cygnus X-1 znajdujący się ok. 6 000 lat świetlnych od nas. Została zaobserwowana w gwiazdozborze Łabędzia.



Q&A

Czy to prawda że w każdej galaktyce jest czarna dziura?

W związku z prowadzonymi badaniami galaktyk, które udało się do tej pory zaobserwować astronomom przyjęto założenie, że w centrum każdej dużej i wyewoluowanej galaktyki znajduje się supermasywna czarna dziura. Za pewne znajdują się w galaktykach również mniejsze czarne dziury w dyskach galaktycznych. Jednak nie potrafimy oszacować ich liczby. Wystąpić mogą jako:

1. Samotna czarna dziura (o bardzo szerokim zakresie wielkości)
2. W układach podwójnych: dwie czarne dziury lub czarna dziura z innym obiektem
3. W układach potrójnych: w różnych konfiguracjach obiektów
4. W układach wielokrotnych: w różnych konfiguracjach obiektów

Obserwacje czarnych dziur są trudne. Dają o sobie znać dopiero kiedy pochłaniają materię, czemu towarzyszy silne wypromieniowanie energii z okolic czarnej dziury, które jesteśmy w stanie obserwować. Jeśli czarna dziura „nie posila” się, nie jesteśmy w stanie jej zaobserwować.

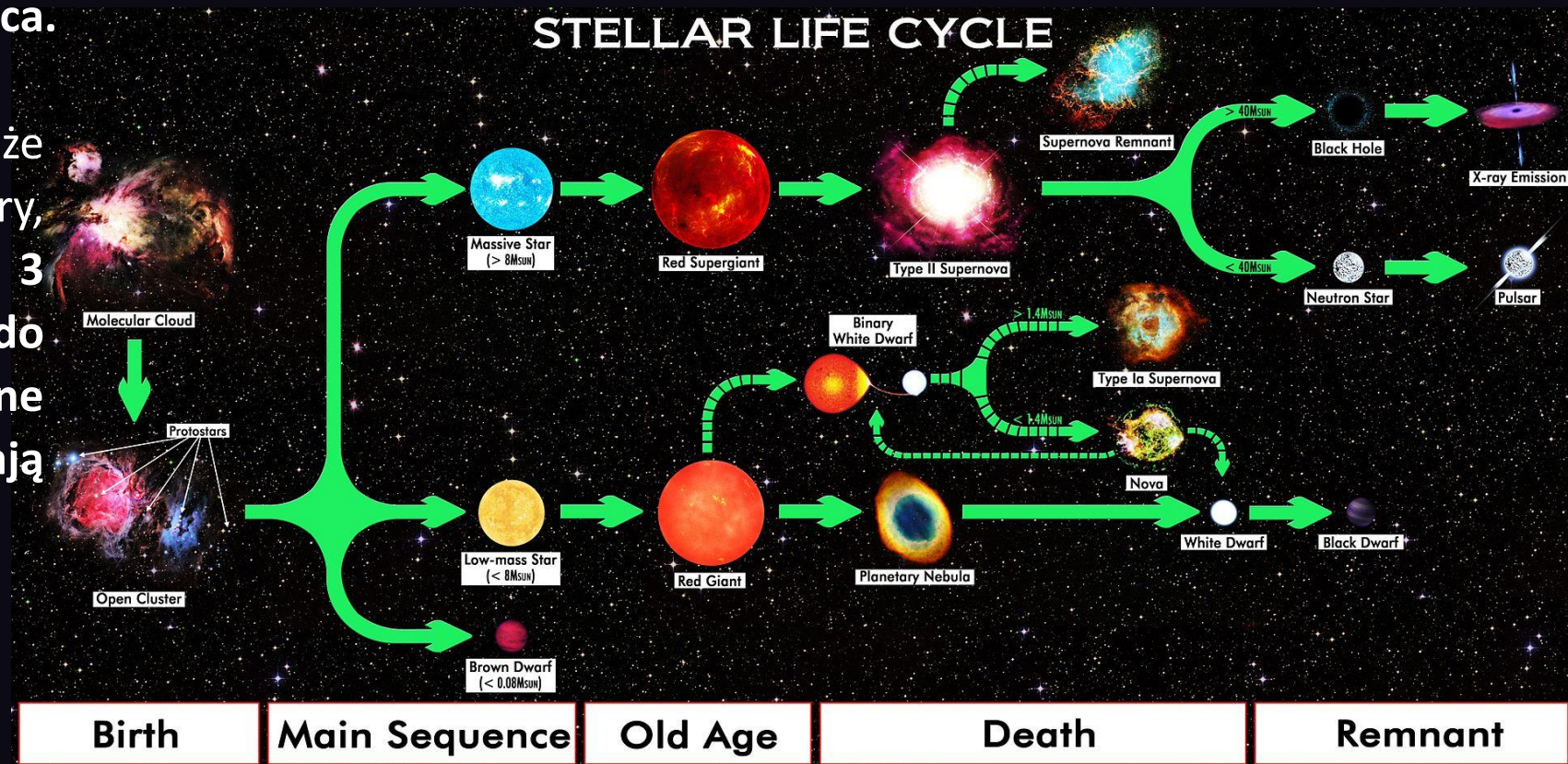


Q&A

Jaką masę musi mieć umierająca gwiazda by stać się w ogóle czarną dziurą ?

Wydaje się, że bezpiecznie jest przyjąć, iż taką graniczną masą gwiazdy, która może zostać kandydatką na czarną dziurę jest **>8 Mas Słońca**.

Pojawiają się doniesienia, że zaobserwowano czarne dziury, które powstały z gwiazdy ok. 3 Mas Słońca. Jednak nie są do końca potwierdzone a różne grupy astronomów przedstawiają sprzeczne modele.





Polecane przez uczestników i uczestniczki

1. "Czarne dziury" książka Stephena Hawkinga
2. "Krótka ilustrowana historia czasu" książka Stephena Hawkinga
3. "Wszechświaty równoległe" książka Michio Kaku
4. wykład dr. Dragana na temat Czarnych Dziur
5. "Wszechświat w twojej dłoni" książka Christophe Galfard
6. OMSA <https://www.planetarium.grudziadz.pl/omsa/>

→ O KOSMOSIE PRZY KAWIE

Kolejne spotkanie
16.03.2022 r., godz. 18:00
„Planety nie tylko na
geografii: poznajmy
planety pozasłoneczne”

→ O KOSMOSIE PRZY KAWIE



CENTRUM
NAUKI
KOPERNIK

Dziękujemy, że jesteście z nami

