

Silna grawitacja w pobliżu czarnych dziur o różnych masach

Piotr Życki

Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN



Unia Europejska finansuje badania naukowe

Np. Europejska Rada Nauki (*European Research Council – ERC*)

Granty astronomiczne:

Prof. Andrzej Udalski – OAUW

Prof. Grzegorz Pietrzyński – CAMK

Prof. Maciej Konacki - CAMK

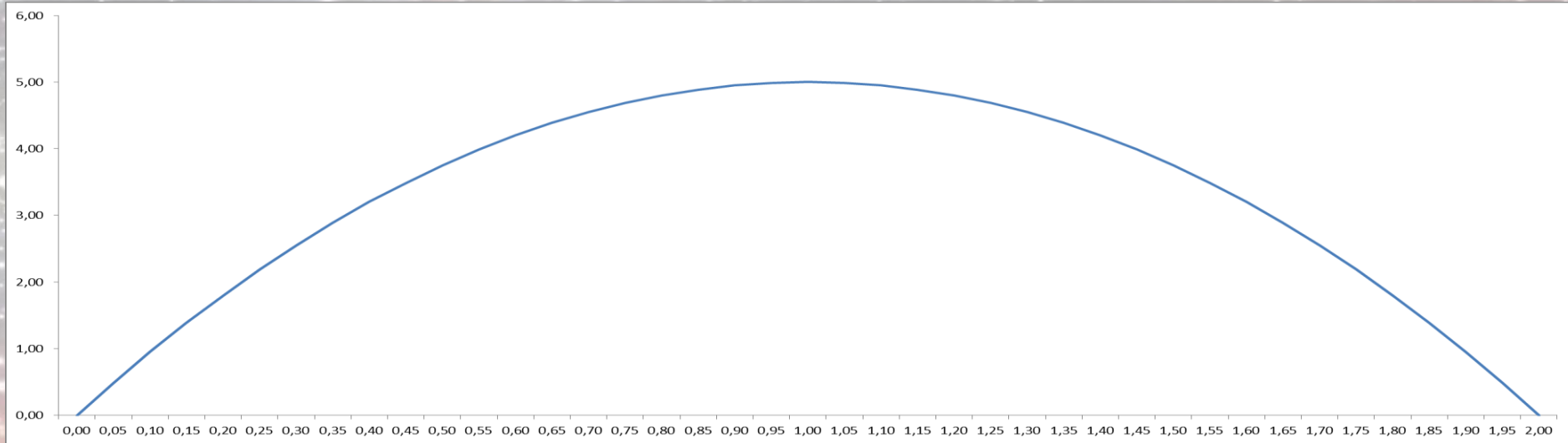
Projekt Strong Gravity:

- Instytut Astronomii Czeskiej Akademii Nauk, Praga, **Czechy**
- Obserwatorium Astronomiczne w Strasbourgu, **Francja**
- Instytut Astronomii, Uniwersytet w Cambridge, **Wielka Brytania**
- Wydział Matematyki i Fizyki, Uniwersytet Roma 3, Rzym, **Włochy**
- Centrum Astrobiologii, Madryt, **Hiszpania**
- Instytut Fizyki, Uniwersytet w Kolonii, **Niemcy**
- Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN, Warszawa, **Polska**



<http://www.stronggravity.eu>

(Silna) grawitacja



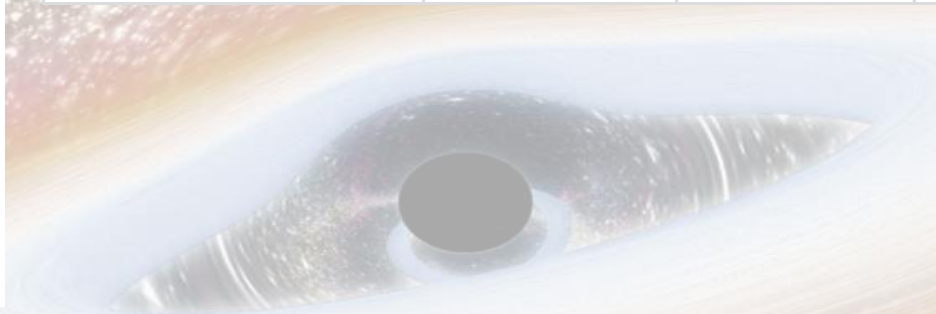
Wykres czasoprzestrzenny

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

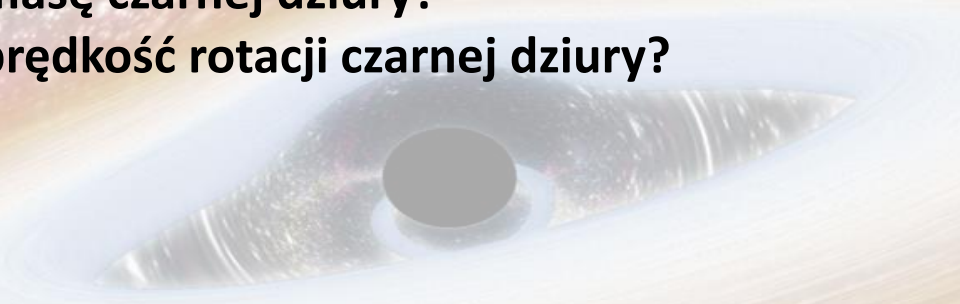
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

	g (m/s/s)	v0 (m/s)	t (s)	ct (m)
Ziemia	10	10	2,000	600 000 000
Słońce	273	52	0,383	114 833 850
Biały karzeł	10 000 000	10 000	0,002	600 000
Gwiazda neutronowa	1,0E+14	31 622 777	6,3E-07	190



Czarne dziury i zjawiska wokół nich

- **Jakie procesy fizyczne zachodzą w pobliżu czarnych dziur?**
- **Jak działa dysk akrecyjny?**
- **W jaki sposób powstaje promieniowanie elektromagnetyczne emitowane z okolic czarnych dziur?**
- **Jak zmierzyć masę czarnej dziury?**
- **Jak zmierzyć prędkość rotacji czarnej dziury?**



Układ podwójny z czarną dziurą



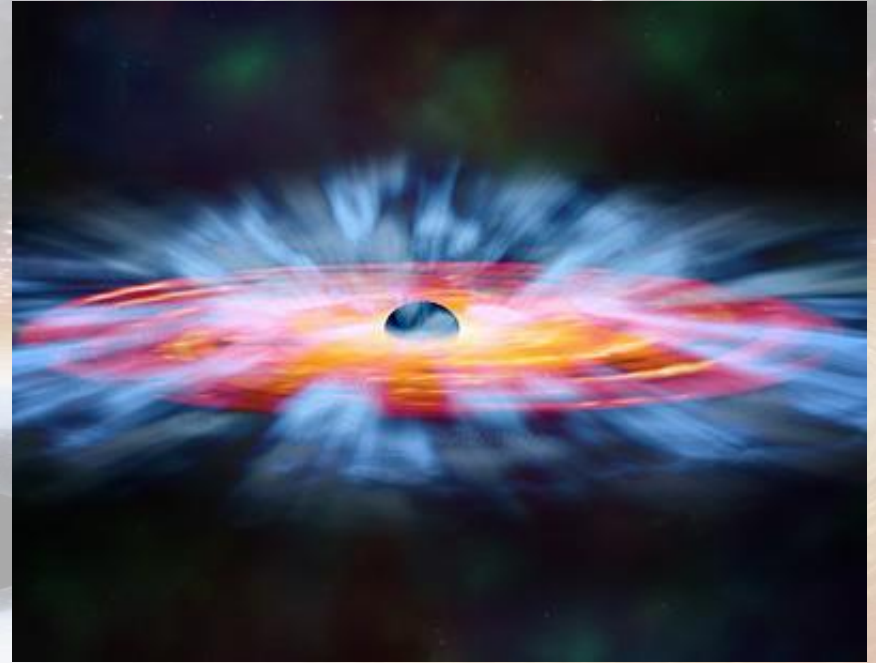
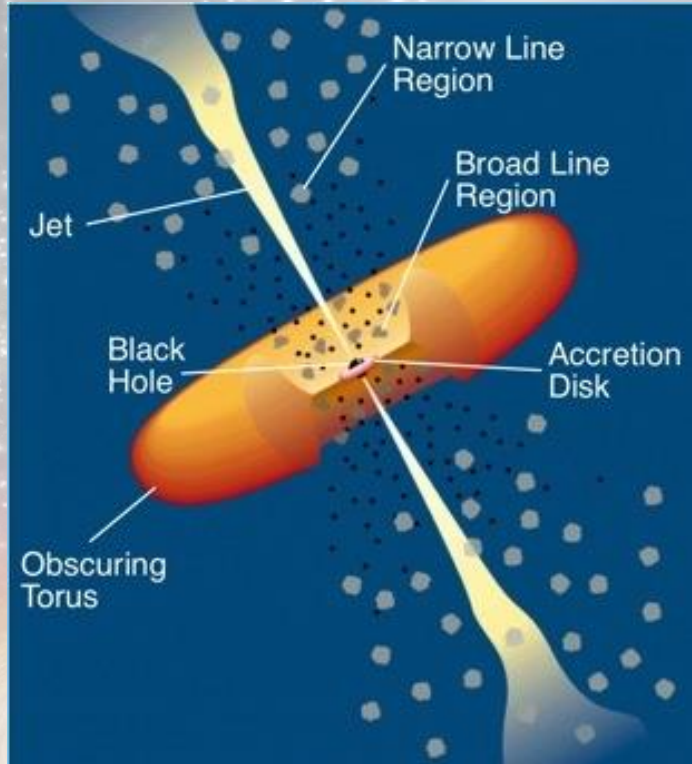
Materia z gwiazdy-towarzysza przepływa na czarną dziurę poprzez dysk akrecyjny i powoduje emisję dużej ilości promieniowania oraz wyrzut cząstek tworzących tzw. dżet.

Aktywna galaktyka/kwazar



By ESO/M. Kornmesser - <http://www.eso.org/public/images/eso1122a/>, CC BY 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15700804>

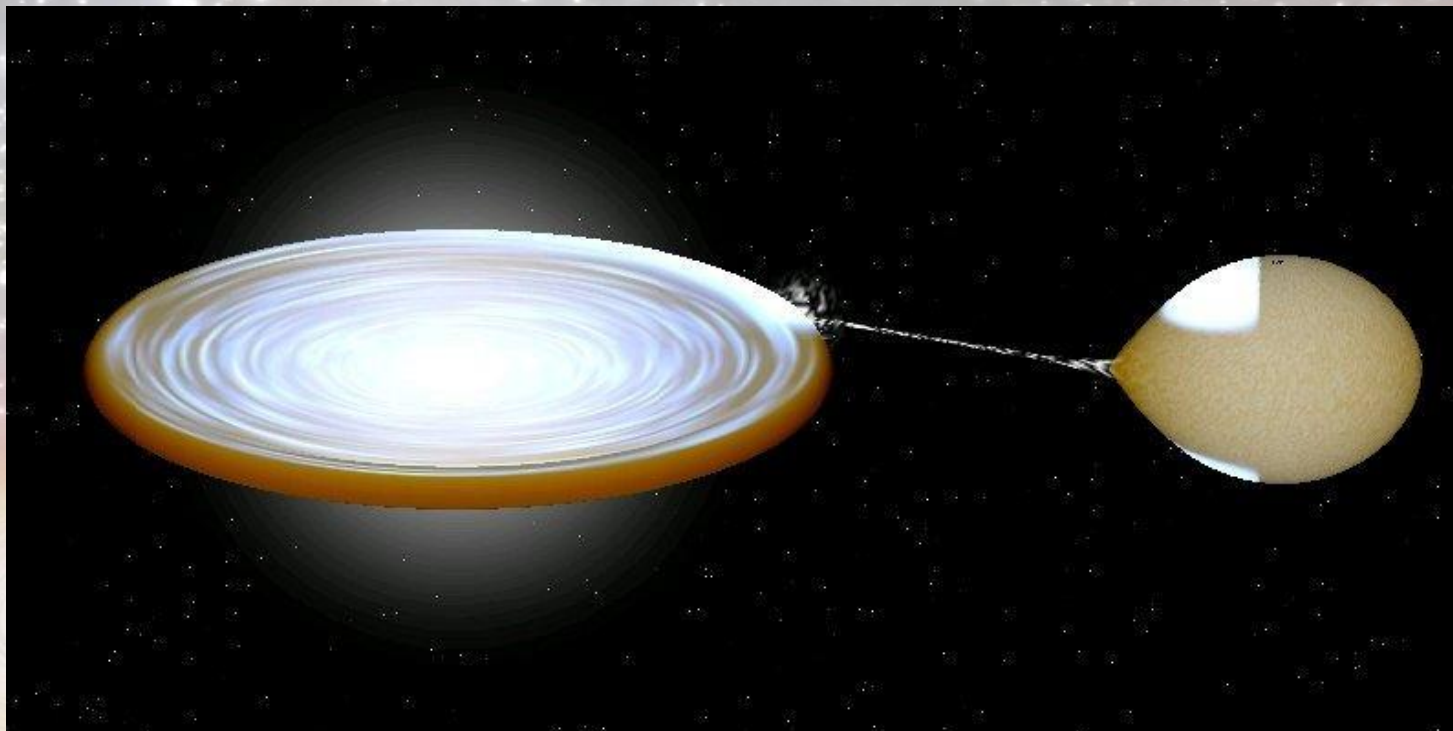
Aktywne galaktyki



NASA and M. Weiss (Chandra X-ray Center).

Promieniowanie rentgenowskie

...jest emitowane z centralnych obszarów dysku akrecyjnego, z okolic czarnej dziury



Obserwacje promieniowania rentgenowskiego

Chandra

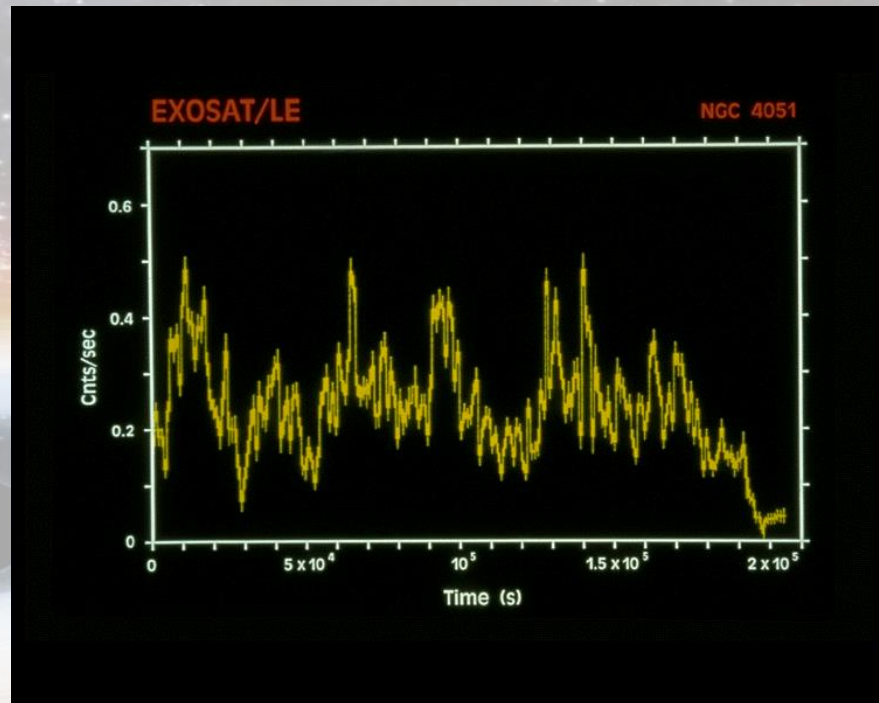
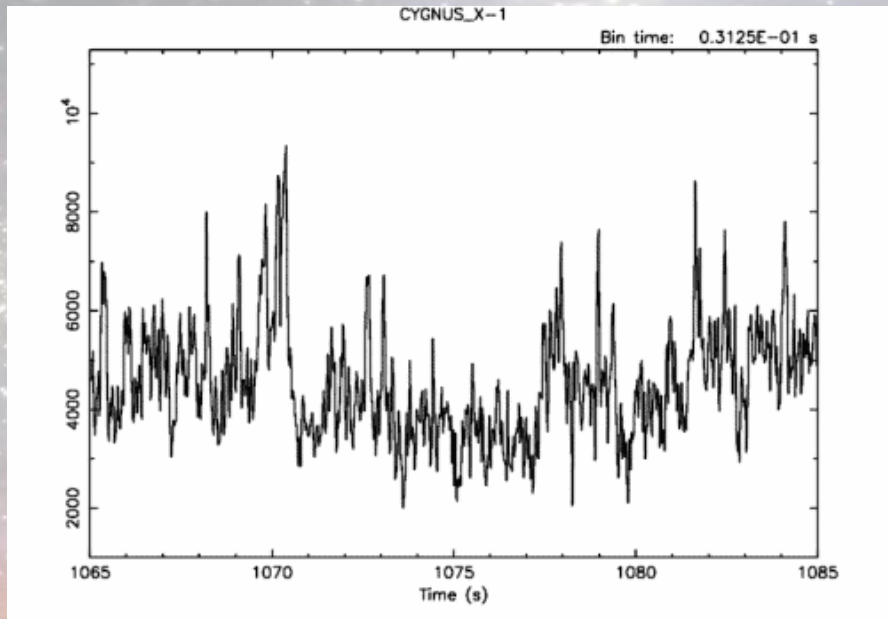


Athena



Promieniowanie rentgenowskie

...jest zmienne



Krzywe blasku są bardzo podobne (oprócz skali czasowej)

Zmienność jest nieregularne (przypadkowa/chaotyczna)

Co to jest zegar?

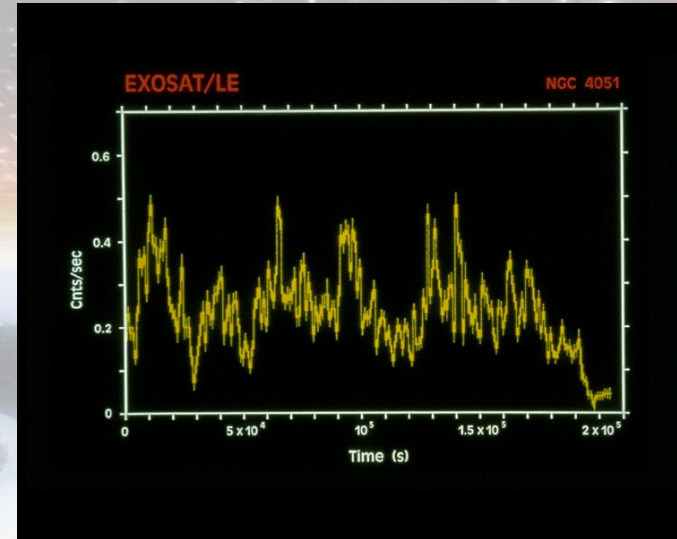
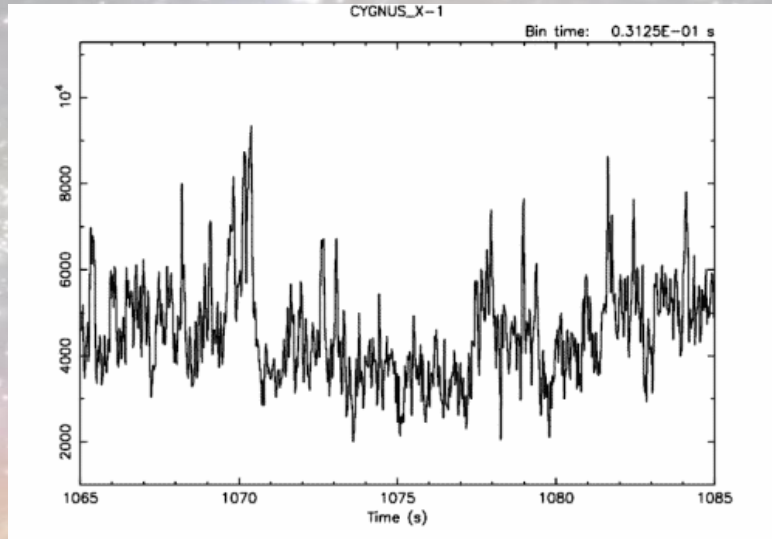
Zjawisko okresowe



By Artur Andrzej - Praca własna, CCO,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17766327>

Zmienność promieniowania rentgenowskiego ...

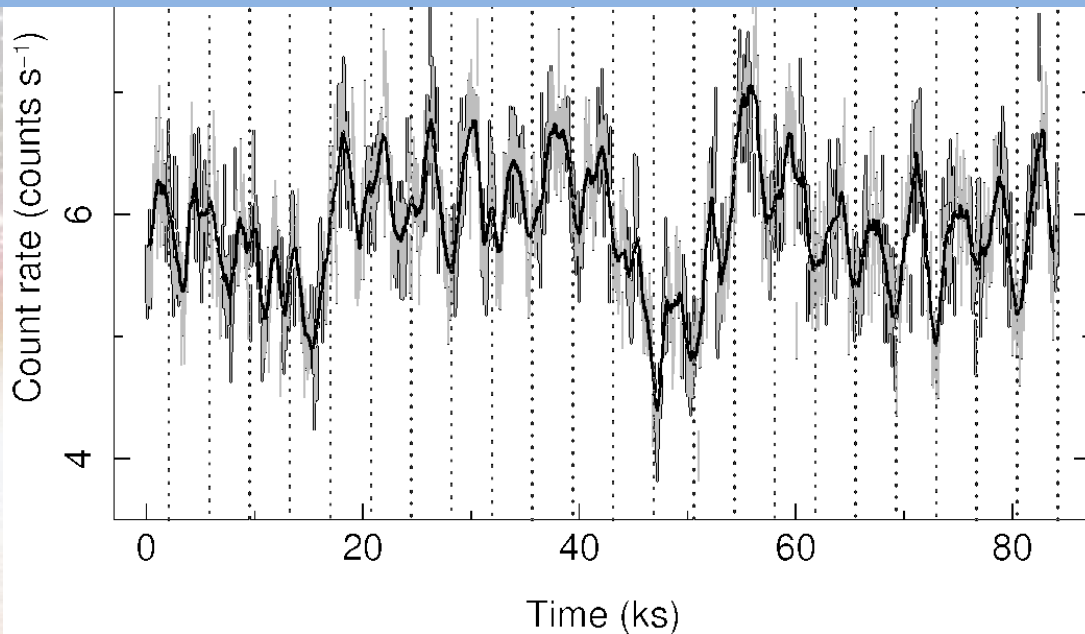
...nie ma charakteru okresowego – nie jest zegarem



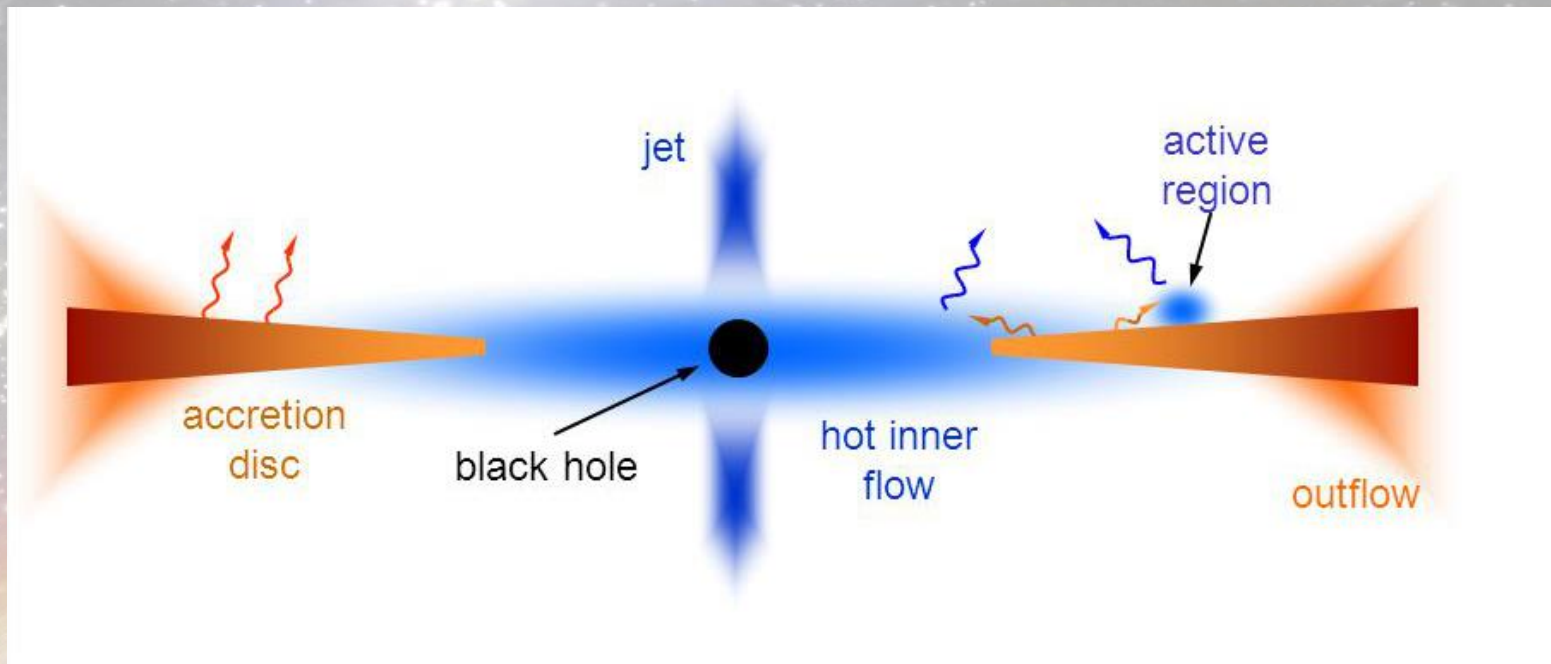
Zmienność promieniowania rentgenowskiego ...

...czasami jest, mniej więcej, regularna (kwasi-regularna)

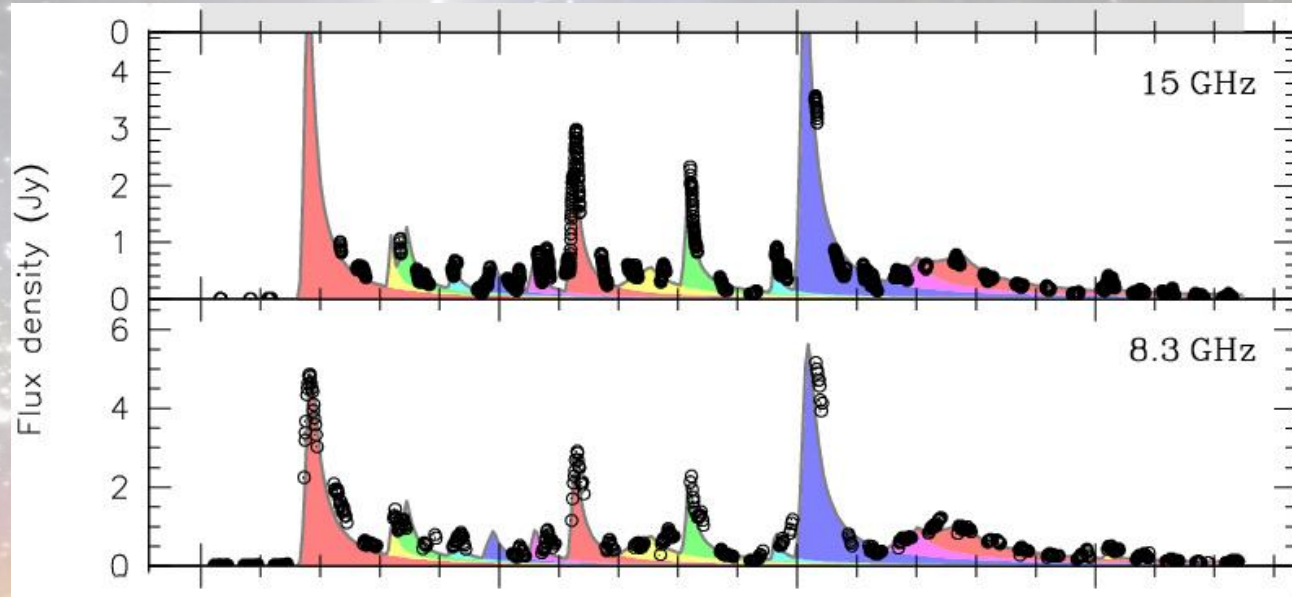
Oscylacje kwazi-okresowe (*quasi-periodic oscillations*)



Zmienność promieniowania rentgenowskiego

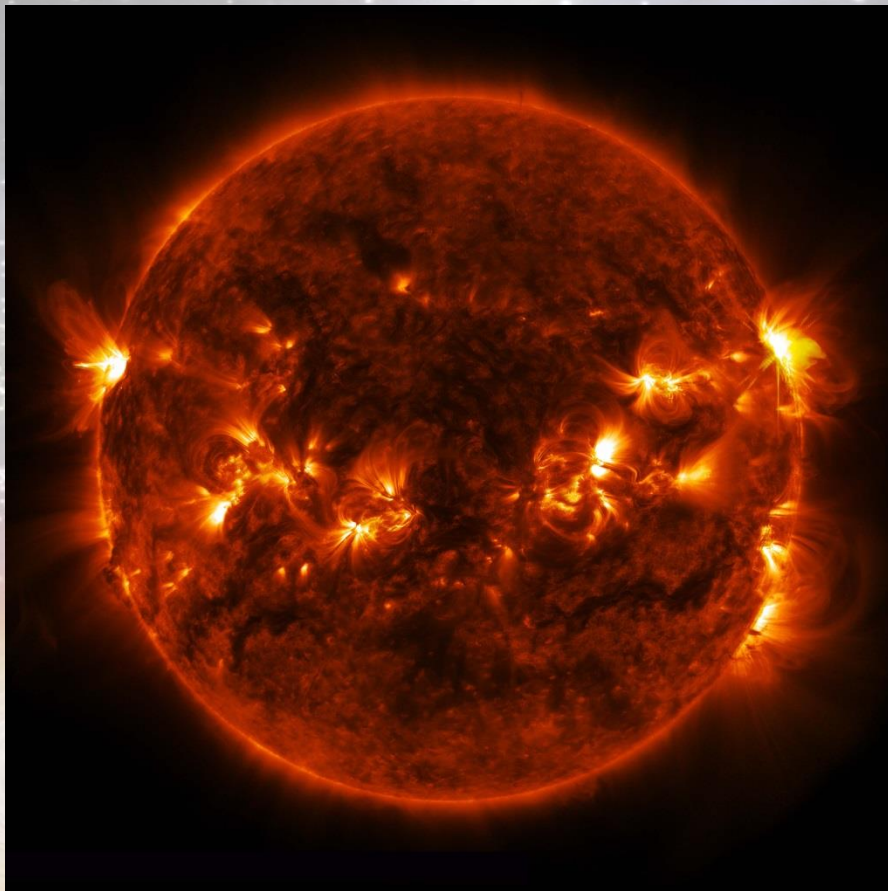


Model rozbłysków – zmienność przypadkowa



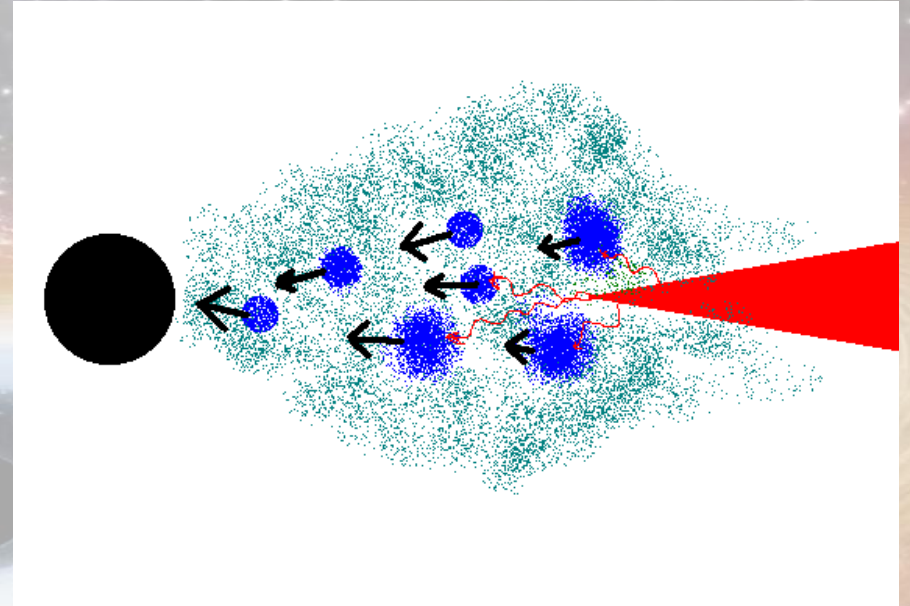
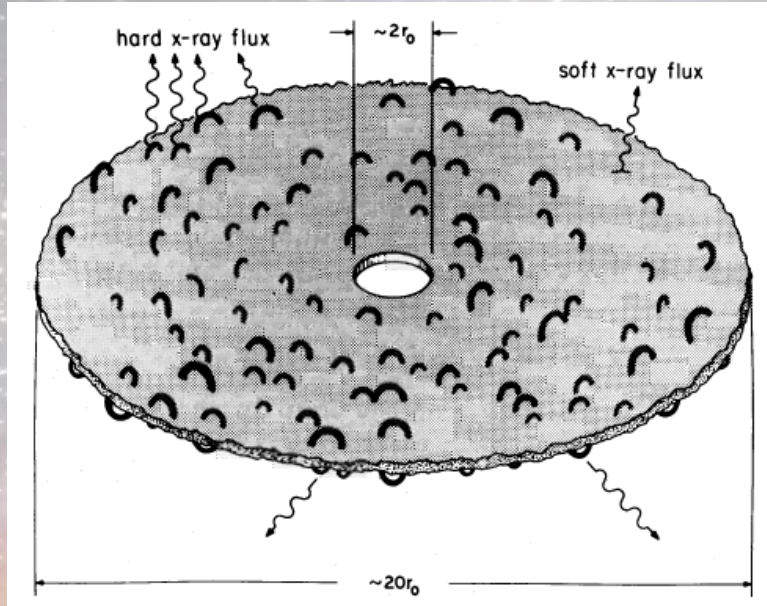
Mechanizm fizyczny – niejasny, ale być może podobny do rozbłysków na Słońcu

Aktywność słoneczna

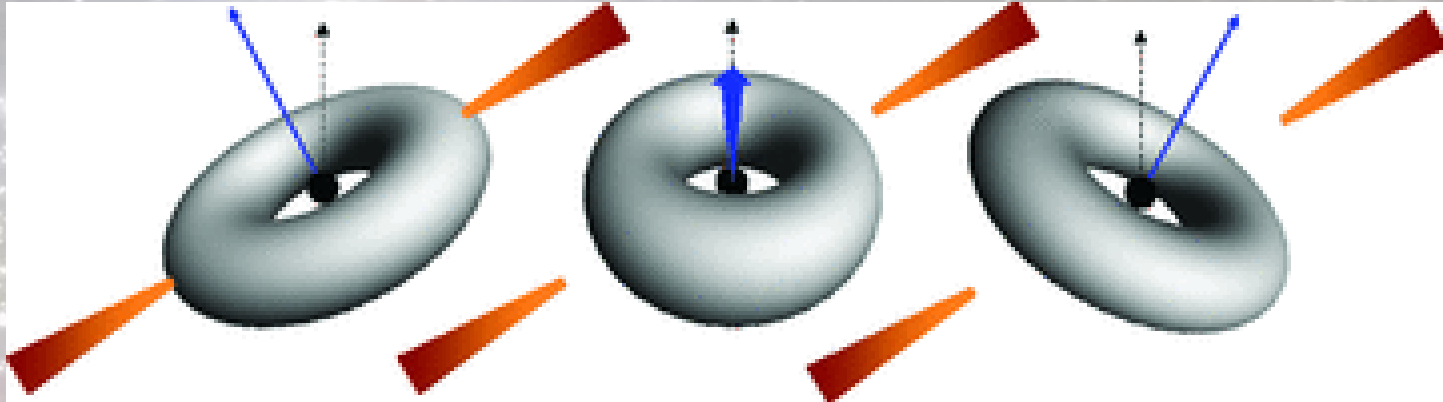


Prawdopodobnie „napędzana”
przez **rotację różniczkową**
Słońca

Aktywna korona dysku akrecyjnego

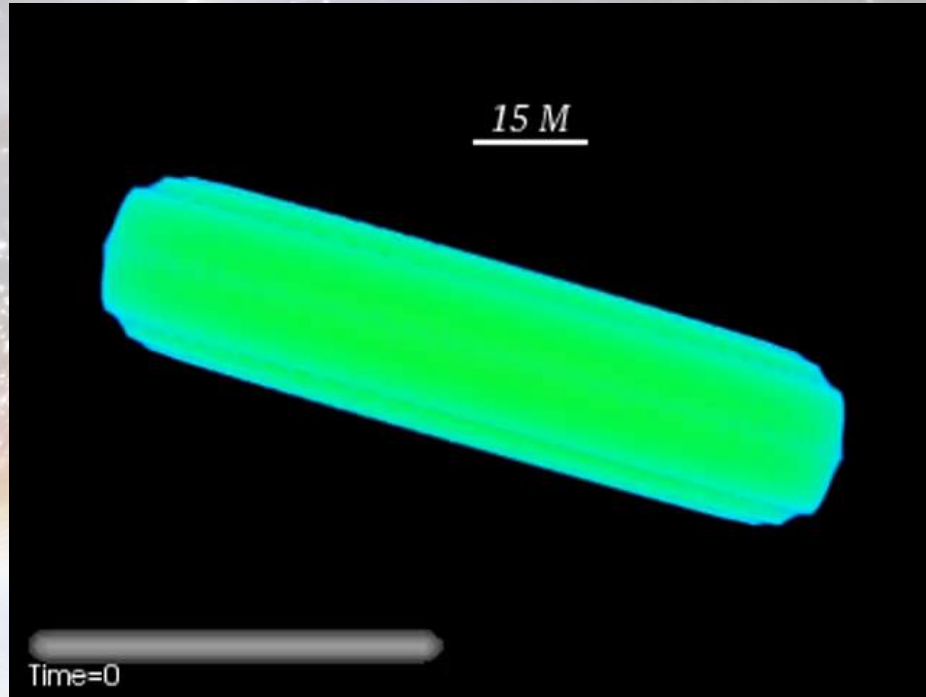


„Zegar” rentgenowski



Precesja wewnętrznego obszaru, w którym powstaje promieniowanie rentgenowskie

Precesja Lense-Thirringa



Wymaga rotującej czarnej dziury!