

Рентгеновские звезды

Алексей Медведев

11 ноября 2005 г.

1 Введение

2 Типы рентгеновских звезд

- Классическая дисковая аккреция (Шакура, Сюняев)
- Сверхкритическая аккреция: джеты, SS 433
- Аккреция на замагниченные звезды
- Одиночные нейтронные звезды и черные дыры
- Другие типы рентгеновских звезд
- Ультраяркие рентгеновские источники

3 Заключение

Что понимают под рентгеновскими звездами?

- Высокая светимость в рентгеновском диапазоне

$$L_x \sim 10^{35} - 10^{40} \text{ эрг/сек}$$

- Компактные размеры

$$R \ll 1 \text{ Пк}$$

История и развитие

- 1962 год — открытие Sco X-1
- 1970 год — запуск "Ухуру"
- Теперь накоплен огромный материал со спутников RXTE, ASCA, Ginga, ROSAT, **Chandra**, **XMM-Newton**, **Astro-E2**.
- Рентгеновские звезды — весьма обширный класс объектов: ТДС, пульсары, ULX и пр.

Аккреция и типы рентгеновских звезд

- Наиболее эффективным механизмом является аккреция

$$L = G \frac{M\dot{M}}{R} = \eta \dot{M} c^2$$

- Различным видам аккреции соответствуют различные типы рентгеновских звезд

Классическая картина дисковой аккреции

- Характерный параметр — \dot{M}_{cr} , при котором светимость, выделяемая при аккреции, равна эддингтоновской:

$$L = \eta \dot{M}_{cr} c^2 = 4\pi \frac{GMm_p}{\sigma_T} c = L_{edd}$$

Классическая картина дисковой аккреции

- Характерный параметр — \dot{M}_{cr} , при котором светимость, выделяемая при аккреции, равна эддингтоновской:

$$L = \eta \dot{M}_{cr} c^2 = 4\pi \frac{GMm_p}{\sigma_T} c = L_{edd}$$

- Для черной дыры с массой M критический поток равен

$$\dot{M}_{cr} = 3 \cdot 10^{-8} \frac{0.06}{\eta} \frac{M}{M_{\odot}}.$$

Светимость и спектр излучения

- При $\dot{M} \sim 10^{-12} - 10^{-10} M_{\odot}/yr$ светимость диска
 $L = 10^{34} - 10^{36}$ эрг/сек

Светимость и спектр излучения

- При $\dot{M} \sim 10^{-12} - 10^{-10} M_{\odot}/yr$ светимость диска
 $L = 10^{34} - 10^{36}$ эрг/сек
- Интегральный спектр:

$$J_{\nu} = 2\pi \int F_{\nu}(r) r dr.$$

Светимость и спектр излучения

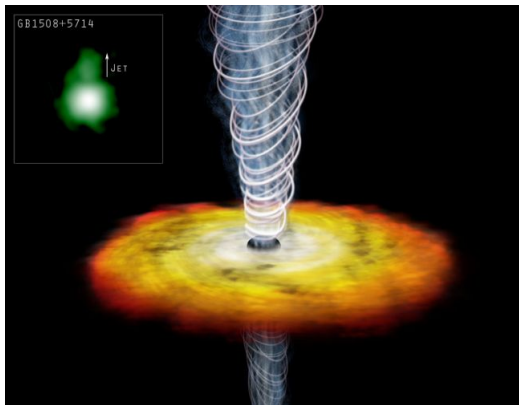
- При $\dot{M} \sim 10^{-12} - 10^{-10} M_{\odot}/yr$ светимость диска
 $L = 10^{34} - 10^{36}$ эрг/сек
- Интегральный спектр:

$$J_{\nu} = 2\pi \int F_{\nu}(r) r dr.$$

- Характерная степенная зависимость:

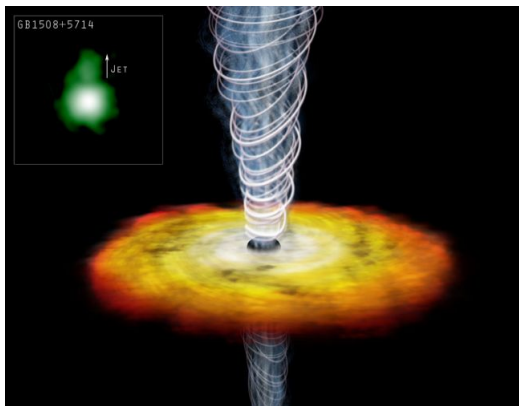
$$J_{\nu} \sim \nu^{1/3 \div -1} \quad \text{при} \quad h\nu \ll kT_{max}$$

Картина сверхкритической аккреции



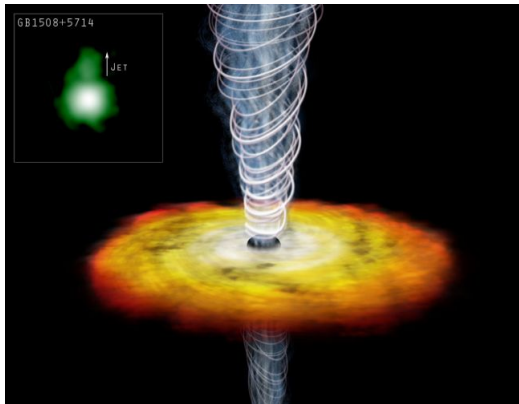
- $L > L_{edd}$

Картина сверхкритической аккреции

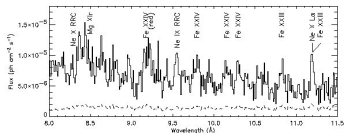
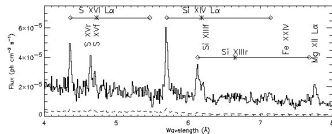
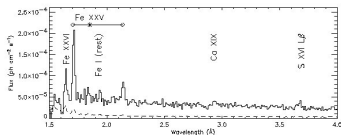


- $L > L_{edd}$
- SS 433 :)

Картина сверхкритической аккреции



- $L > L_{edd}$
- SS 433 :)
- Релятивистские струи, скорость ~ 80000 км/с!



Рентгеновский
 спектр SS 433,
 снятый с помощью
 Chandra

Аккреция с учетом магнитного поля

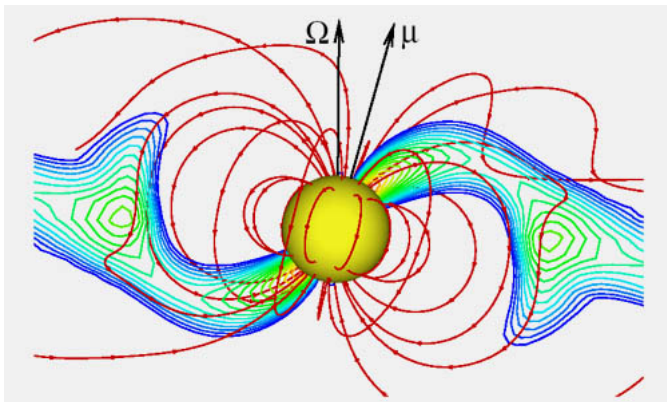
- При аккреции на нейтронную звезду выделяется энергия до $0.2mc^2$

Аккреция с учетом магнитного поля

- При аккреции на нейтронную звезду выделяется энергия до $0.2mc^2$
- Картина дисковой аккреции нарушается когда

$$\frac{1}{2}\rho v^2 \sim \frac{1}{8\pi}H^2$$

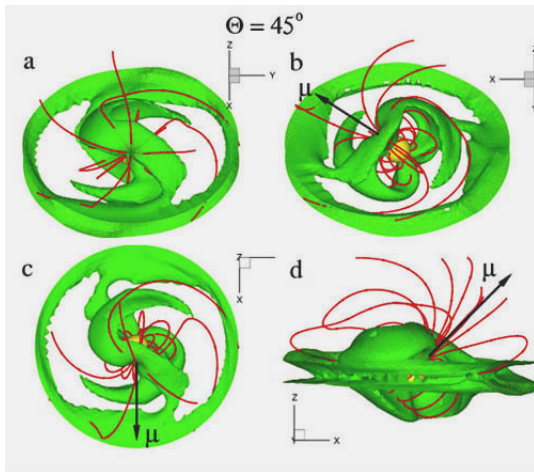
Аккреционная колонка



Что будет в докладе?
Введение
Типы рентгеновских звезд
Заключение

Классическая дисковая аккреция (Шакура, Сюняев)
Сверхкритическая аккреция: джеты, SS 433
Аккреция на замагниченные звезды
Одиночные нейтронные звезды и черные дыры
Другие типы рентгеновских звезд
Ультраяркие рентгеновские источники

Тут все может быть оч-чень сложно...



Нейтронные звезды

- Известно порядка 10 объектов со светимостями
 $L \sim 10^{31} - 10^{35}$

Нейтронные звезды

- Известно порядка 10 объектов со светимостями $L \sim 10^{31} - 10^{35}$
- Аккреция отличается от дисковой:
 - отсутствует орбитальный момент
 - небольшой темп аккреции

Нейтронные звезды

- Известно порядка 10 объектов со светимостями $L \sim 10^{31} - 10^{35}$
- Аккреция отличается от дисковой:
 - отсутствует орбитальный момент
 - небольшой темп аккреции
- Аккреция Бонди:

$$\dot{M} = k\pi \frac{(2GM^2)}{(c_s^2 + v_\infty^2)^{3/2}} \rho_\infty.$$

Черные дыры

- Процессы ускорения частиц за счет перезамыкания магнитных силовых линий приводят к формированию значительной нетепловой электронной компоненты аккреционного потока.

Черные дыры

- Процессы ускорения частиц за счет перезамыкания магнитных силовых линий приводят к формированию значительной нетепловой электронной компоненты аккреционного потока.
- Потому одиночные черные дыры могут являться не только оптическими, как предполагал Шварцман, но и рентгеновскими источниками, вполне доступными современным космическим телескопам.

- Транзиентные источники

- Транзиентные источники
- Катаклизмические переменные

- Транзиентные источники
- Катаклизмические переменные
- Рентгеновские барстеры

ULX — новый класс рентгеновских объектов

- Одна из интригующих проблем — ULX (ultra luminous X-ray sources)

ULX — новый класс рентгеновских объектов

- Одна из интригующих проблем — ULX (ultra luminous X-ray sources)
- Светимости достигают $L_x = 10^{40} - 10^{41} \text{ эрг/с!}$

$$L = 4\pi D^2 f$$

Гипотезы

- Это просто далекие фоновые источники

Гипотезы

- Это просто далекие фоновые источники
- Мы видим джет, направленный прямо на нас

Гипотезы

- Это просто далекие фоновые источники
- Мы видим джет, направленный прямо на нас
- Аккреция на черные дыры промежуточных масс

КОНЕЦ