

# Семинар по релятивистской астрофизике. 15 мая 2008

Рук. Блинников С.И.

## Аннотация

П.Бакланов. Получение ньютоновских уравнений движения и уравнения Пуассона для ньютоновского потенциала из уравнений Эйнштейна.

Е.Сорокина. Реферат работы в Nature, April 2008, о двойной чёрной дыре в объекте OJ 287.

## 1 Ньютоновский предел ОТО

Пётр очень хорошо рассказал вывод ньютоновского предела ОТО. Сначала уравнений движения из условия  $Du^i = 0$ , т.е. из уравнения геодезической в слабом поле (ниже вывод уже для геодезической в произвольном поле, что раньше для нас было постулатом, а теперь оказывается следствием уравнений Эйнштейна). Затем он дал вывод уравнения Пуассона для ньютоновского потенциала из уравнений Эйнштейна. TeX файла у меня нет, но можно сравнить с выводом в ЛЛ, Хришловиче и др.

## 2 Двойная чёрная дыра OJ 287

Елена рассказала о работе из Nature, посланной в почте.

У них ещё есть Supplementary material на пол-МБ. Похоже, не умеют рисовать. Там всего-то кривая блеска и подпись. Я прилагаю свою маленькую копию с той же чёткостью в почте, см. также на рис. 1.

Объект OJ 287 – квазар типа BL Lacertae (Ящерицы), лацертида, или блазар, замечателен по трём причинам: 1) там двойная сверхмассивная чёрная дыра, что уже редкость; 2) одна из двух дыр очень массивна, порядка  $M \sim 10^{10} M_{\odot}$ , что тоже редкость; 3) эффекты отклонения от ньютоновской теории в орбитальном движении очень сильны.

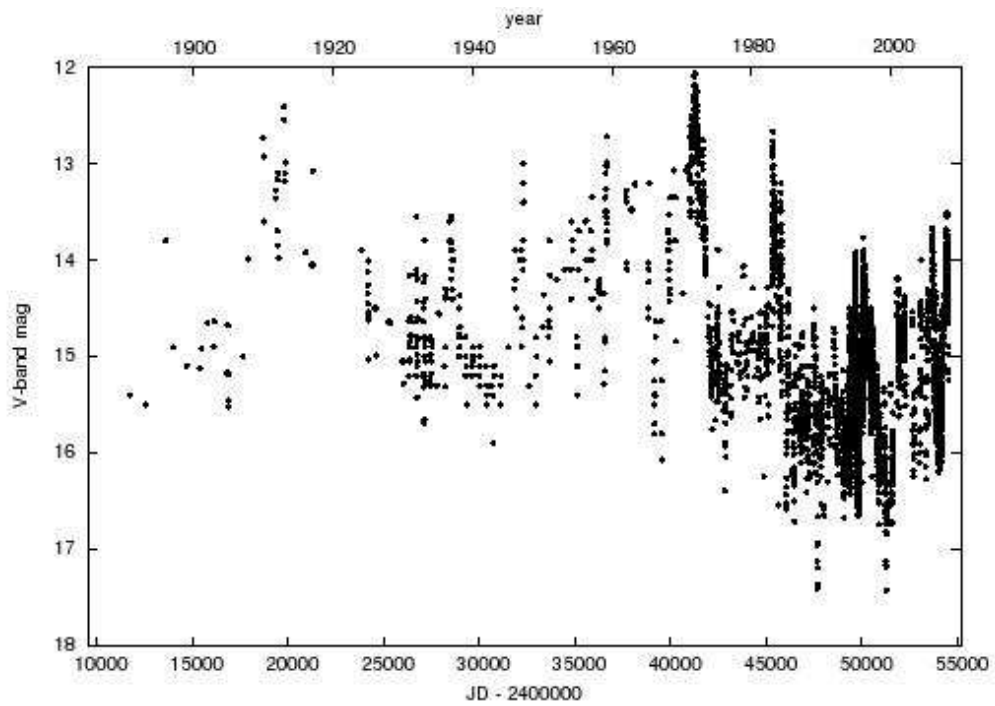


Рис. 1: The historical light curve of OJ287 in V-magnitude. The data up to 2004 have been published in Ref. 14, more recent data from 2005/6 have appeared in Ref. 23 while the most recent data is yet unpublished.

Мы прямо на доске оценили  $M$  из наблюдаемого периода  $P_{\text{obs}} \sim 12$  лет и размера системы  $a \sim 10^4$  астрономических единиц (а.е.=AU). Имеем суммарную массу из закона Кеплера-Ньютона:

$$\frac{G(M + m)}{a^3} = \Omega^2 = \frac{4\pi^2}{P^2} .$$

В единицах годы для времени, а.е. для расстояния, и  $M_{\odot}$  для массы мы, очевидно, имеем  $G = 4\pi^2$ . Тогда в OJ 287 получаем  $M + m = 10^{12}/12^2 \sim 10^{10} M_{\odot}$ . Правда, на семинаре мы не учли космологическое красное смещение  $z \approx 0.3$  для OJ 287. Т.е. реально надо подставлять  $P = P_{\text{obs}}/(1+z)$ , что близко к 9 годам. Но порядок массы это не меняет.

Тогда средняя скорость ‘малой’ чёрной дыры с массой в сотню миллионов масс Солнца,  $v = 2\pi a/P \sim 10^{18}/(3 \cdot 10^8) \approx 3 \cdot 10^9$  см/с, т.е. 10% от скорости света. Эффекты в разных порядках  $v/c$  вполне заметны, а с учётом эксцентриситета орбиты  $e = 0.663$  в периастре (он же перицентр) скорость заметно больше (оцените), поэтому прецессия периастра не 1% за орбиту, а больше. Заметны даже эффекты гравитационного излучения, которые должны быть порядка  $(v/c)^5$ . Прошу всех, кто хочет знать нашу науку, проверить эти оценки и результаты доложенной работы. Хороший пример живой релятивистской астрофизики.