

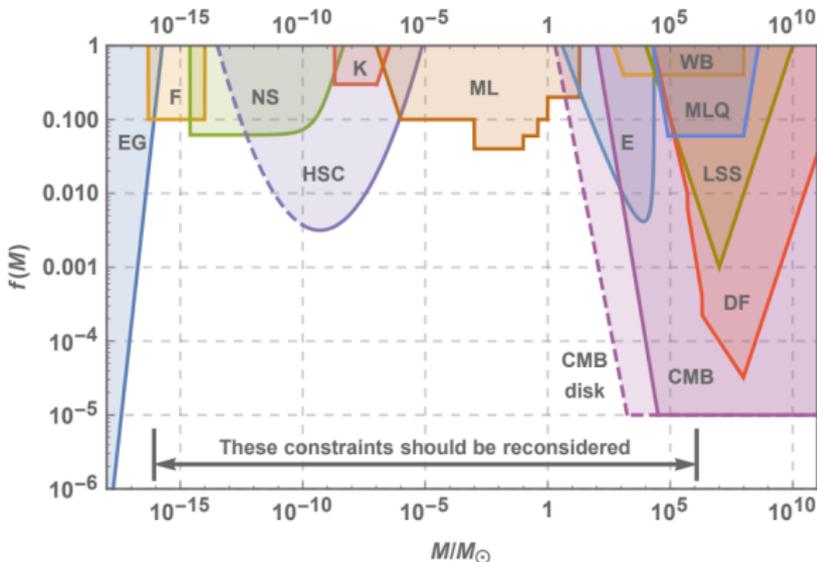
Оценка аккреции вещества в ранней Вселенной

Максим Краснов

Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

Мотивация (1)

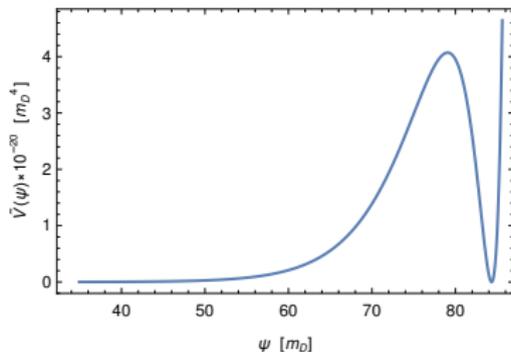
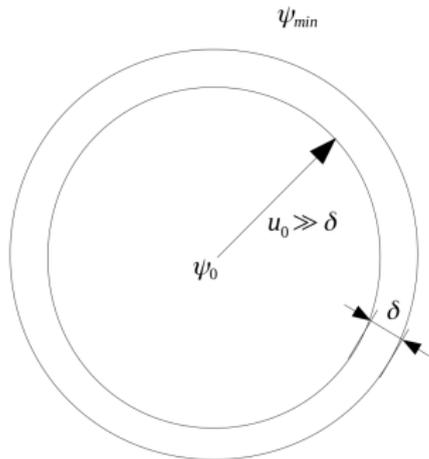
- 1 Ранние квазары, содержащие сверхмассивные ЧД.
- 2 Наблюдения LIGO, VIRGO.
- 3 Объяснение части скрытой массы.



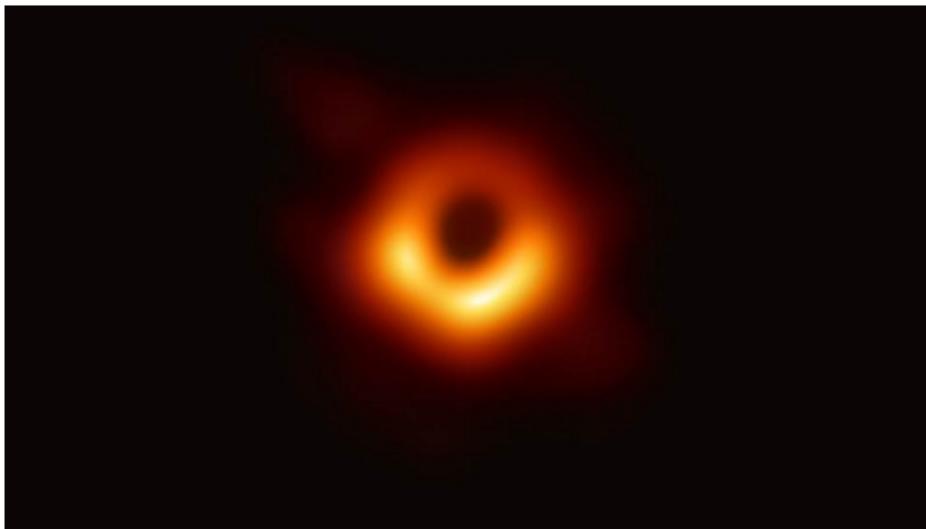
Мотивация (2)

$$S[g_{\mu\nu}] = \frac{m_D^{D-2}}{2} \int d^{4+n}x \sqrt{|g_D|} \left[f(R) + c_1 R_{AB} R^{AB} + c_2 R_{ABCD} R^{ABCD} \right],$$

$$f(R) = a_2 R^2 + R - 2\Lambda_D$$



Целью данной работы является оценка аккреции вещества первичной черной дырой (ПЧД) на постинфляционной стадии развития Вселенной и на стадии доминирования релятивистского вещества



Аккреция Бонди/Ерошенко

Формула Бонди $\dot{M} = 4\pi\lambda_c\omega^{-3/2}G^2M^2\rho_\infty/c^3$ и Ерошенко $\dot{M} = 4\pi G^2AM^2(1+\omega)\rho_\infty/c^3$ дают схожий результат.

Если проигнорировать космологическую эволюцию плотности ρ_∞ , то зависимость массы от времени можно записать так:

$$M = M_i (1 - t/\tau)^{-1}, \quad \tau = M/\dot{M}. \quad (1)$$

Если учесть эволюцию плотности, то получаем:

$$M(t) = \frac{M_i}{1 - \frac{AGM_i}{c^3 t_i} \left(1 - \frac{t_i}{t}\right)}. \quad (2)$$

Аккреция в метрике МакВитти (1)

Метрика МакВитти даётся выражением:

$$ds^2 = -\frac{B^2}{A^2} dt^2 + a^2(t)A^4 (d\bar{r}^2 + \bar{r}^2 d\Omega^2), \quad (3)$$

где $A = 1 + \frac{Gm(t)}{2\bar{r}}$, $B = 1 - \frac{Gm(t)}{2\bar{r}}$. ТЭИ вещества положен в виде ТЭИ неидеальной жидкости:

$$T_{ab} = (p + \rho)u_a u_b + p g_{ab} + q_a u_b + q_b u_a. \quad (4)$$

Через уравнения ОТО получается темп аккреции:

$$\dot{m}_H = -\frac{1}{2} a B^2 \sqrt{1 + a^2 A^4 u^2} (p + \rho) \mathcal{A} u. \quad (5)$$

Аккреция в метрике МакВитти (2)

Для удалённого наблюдателя:

$$\dot{m}_H = -2\pi a^3 (\rho_\infty + p_\infty) \lim_{r \rightarrow \infty} (ur^2), \quad (6)$$

$$p(r; t) = p_\infty(t) + p_1(t)/r + \mathcal{O}(1/r^2), \quad (7)$$

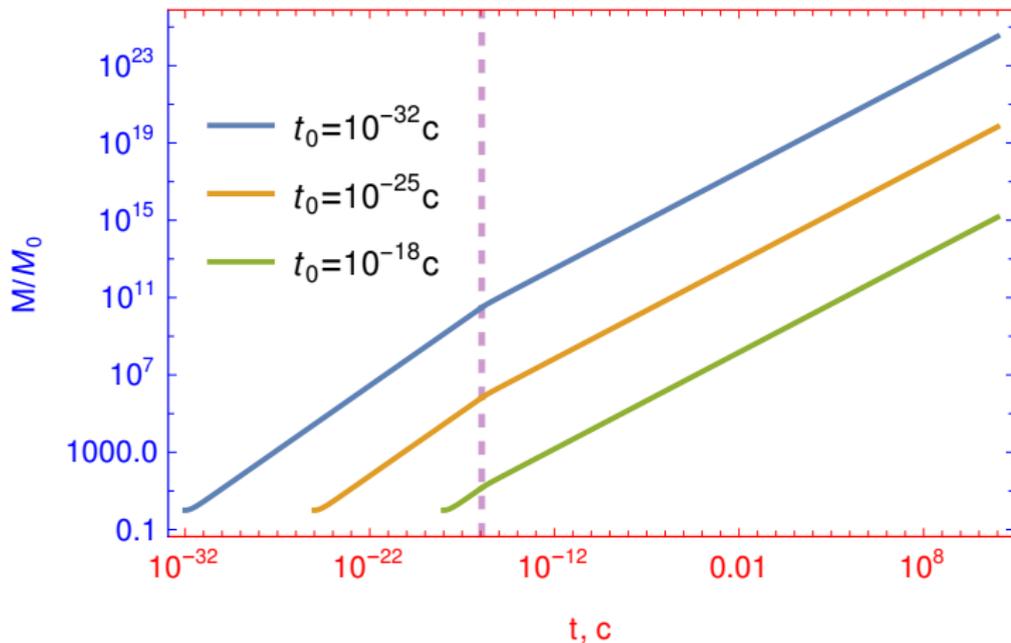
$$\rho(r; t) = \rho_\infty(t) + \rho_1(t)/r + \mathcal{O}(1/r^2), \quad (8)$$

$$u(r; t) = u_\infty(t)/r^2 + \mathcal{O}(1/r^3). \quad (9)$$

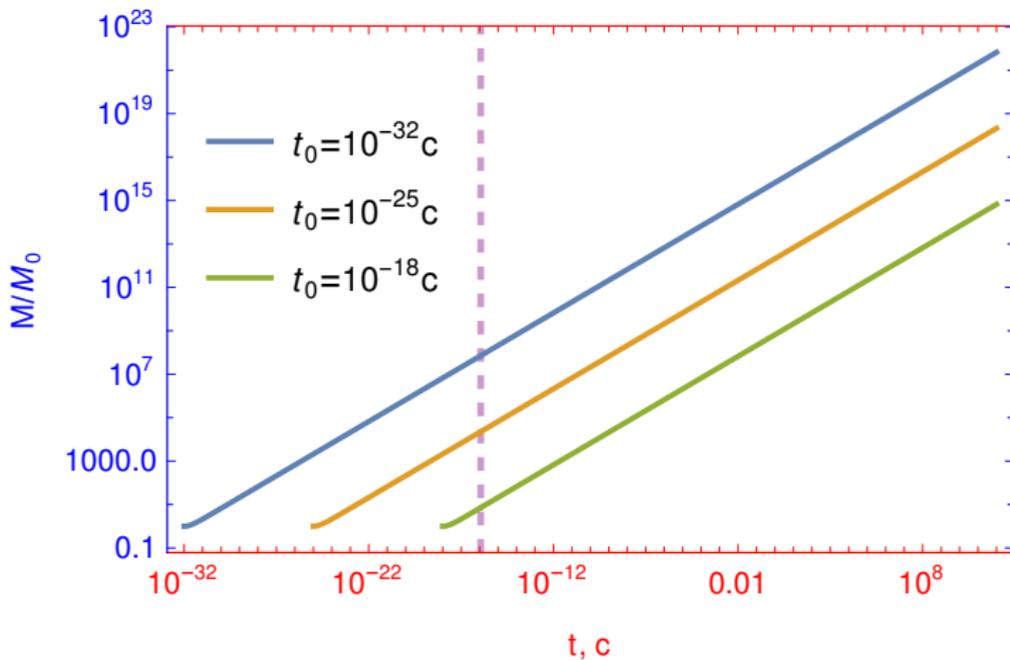
После множества преобразований можно получить:

$$m_H(t) = C_1 a^{1+3\omega}(t) - C_2 a^{-3(1+\omega)/2}(t) + \frac{3(1+\omega)}{3\omega+5} m_0 a(t). \quad (10)$$

Результаты для $\omega_{reh} = 0$, $t_{reh} \approx 10^{-16} \text{c}$



Результаты для $\omega_{reh} = 1/3$, $t_{reh} \approx 10^{-16} \text{c}$



Заключение

- 1** Рассмотрены модели аккреции вещества:
Бонди, Ерошенко:
 - Хорошо описывают аккрецию в медленно расширяющейся Вселенной
 - Формулы "чувствительны" к размеру космологического горизонтаМакВитти:
 - Учитывает расширение Вселенной через метрику
 - Нефизическое поведение вещества на поверхности черной дыры
- 2** Показано, что прирост массы на рассматриваемых этапах эволюции Вселенной может на много порядков увеличить начальную массу ПЧД.

Спасибо за внимание!