

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Физический факультет
Кафедра физики частиц и космологии

Темная энергия своими руками
Кудимов Д.К., 209 группа
Научный руководитель: Троицкий С.В.

Москва
2019 г.

Постановка задачи

- Сверхновые типа Ia зарекомендовали себя как надежный источник данных о Вселенной. Они дают невероятное количество информации о параметрах нашей Вселенной, в частности, о доле плотности энергии Λ -члена и о постоянной Хаббла.
- Именно с помощью них в 90-х годах прошлого столетия было открыто ускоренное расширение Вселенной.
- Предположим существование некоторой пространственной анизотропии в восстановлении космологических параметров. Как нам посмотреть на нее?
- Идея предельно проста: отложить на координатной сетке координаты сверхновых, не вписывающихся в область отклонения $\pm 2\sigma$ от закона зависимости фотометрического расстояния от красного смещения z , и посмотреть наличие или отсутствие на получившемся графике областей с доминантным содержанием точек одного типа отклонения.

Модели фита кривых светимости сверхновых

- Модель из Perlmutter S. (1998)

$$\mu = m_R - M_B + \alpha(s - 1) - K_{BR} - A_R$$

- SALT2 (2007)

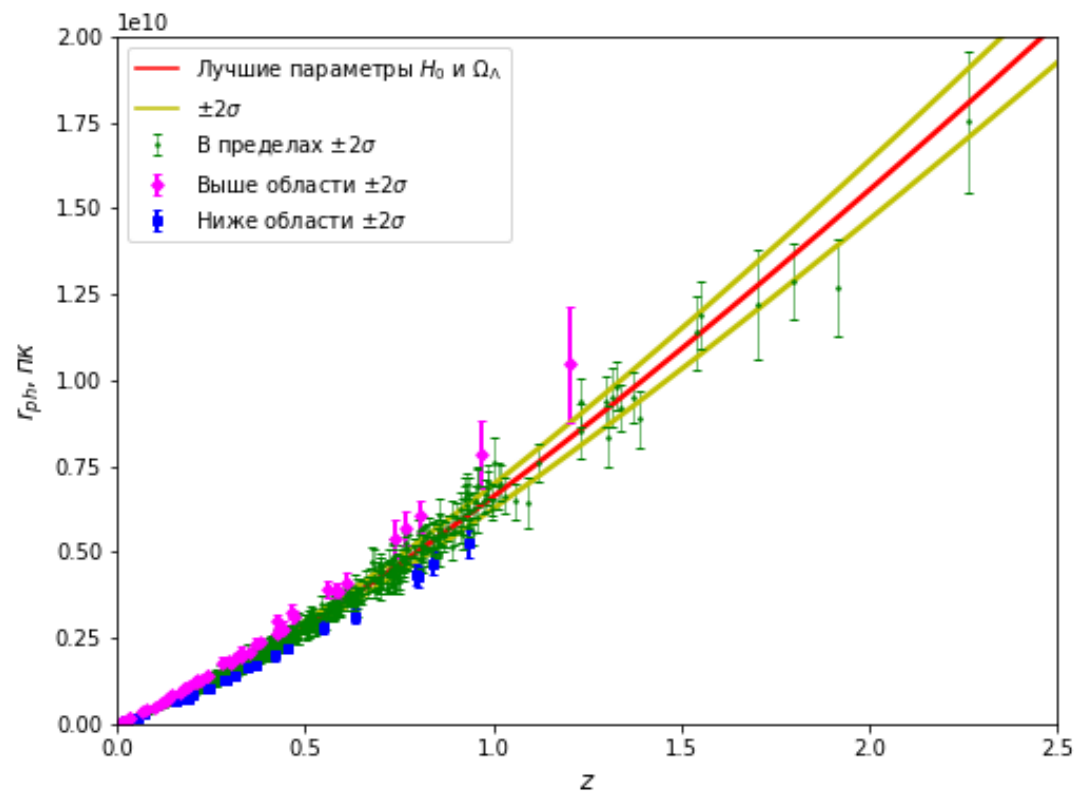
$$\mu = m_B - M + \alpha x_1 - \beta c + \Delta_M + \Delta_B$$

Все поправки первой модели учтены и добавлены дополнительные -> более совершенная модель!

Погрешность вычисления модуля расстояния в SALT2: $\sigma^2 = \sigma_N^2 + \sigma_{Mass}^2 + \sigma_{\mu-z}^2 + \sigma_{lens}^2 + \sigma_{int}^2 + \sigma_{Bias}^2$

Результаты оптимизации интеграла

Из 1048 сверхновых:
 34 (3.2%) лежат ниже
 51 (4.9%) лежат выше
 963 (91.9%) в пределах области 2σ
 $3.2\% + 4.9\% = 8.1\%$, что близко к
 ожидаемому 5%



Best Fit:

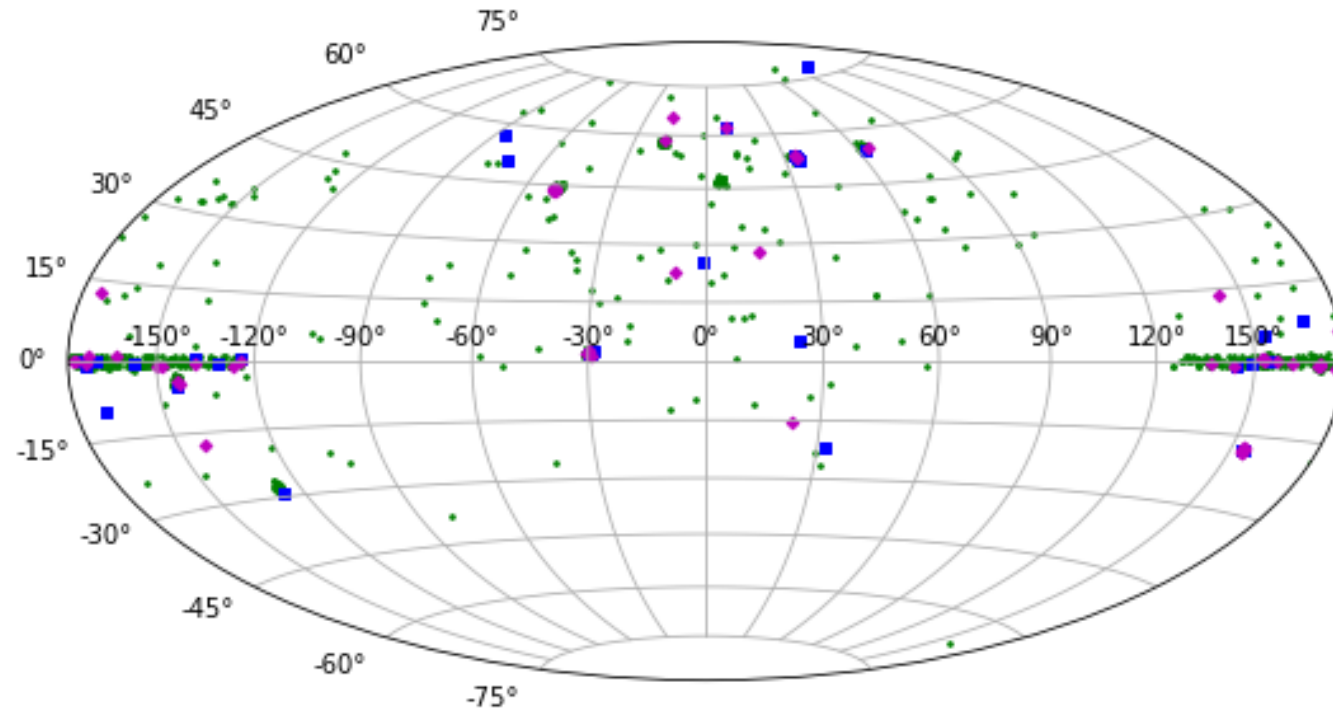
$$H_0 = 69.9 \pm 1.8 \frac{\text{км}}{\text{МПК} \cdot \text{с}}$$

$$\Omega_\Lambda = 0.697 \pm 0.013$$

$$\Omega_M = 0.303 \pm 0.013$$

$$r_{ph}(\text{ПК}) = \frac{3 \cdot 10^{11}}{H_0 \left(\frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{МПК}} \right)} (1+z) \int_0^z \frac{1}{\sqrt{(1-\Omega_\Lambda)(1+z')^3 + \Omega_\Lambda}} dz'$$

Качественный поиск анизотропии



По оси широт отложено склонение, по оси долгот – величина $\Delta = \delta - 180^\circ$;
зеленые маркеры – в пределах 2σ , синие – ниже, фиолетовые – выше.

Космологические явления за пределами Λ CDM?

- Данная работа

$$H_0 = 69.9 \pm 1.8 \frac{\text{км}}{\text{Мпк} \cdot \text{с}}$$

- Pantheon

$$H_0 = 68.7 \pm 0.7 \frac{\text{км}}{\text{Мпк} \cdot \text{с}}$$

- Planck (2018)

$$H_0 = 67.4 \pm 0.5 \frac{\text{км}}{\text{Мпк} \cdot \text{с}}$$

- HST, наблюдение цефеид в Большом Магеллановом Облаке (2019)

$$H_0 = 74.0 \pm 1.4 \frac{\text{км}}{\text{Мпк} \cdot \text{с}}$$

Как видно, наблюдаются сильные расхождения в оценках постоянной Хаббла, полученной различными способами.

Спасибо за внимание!