



Определение постоянной Хаббла по карликовым голубым галактиками

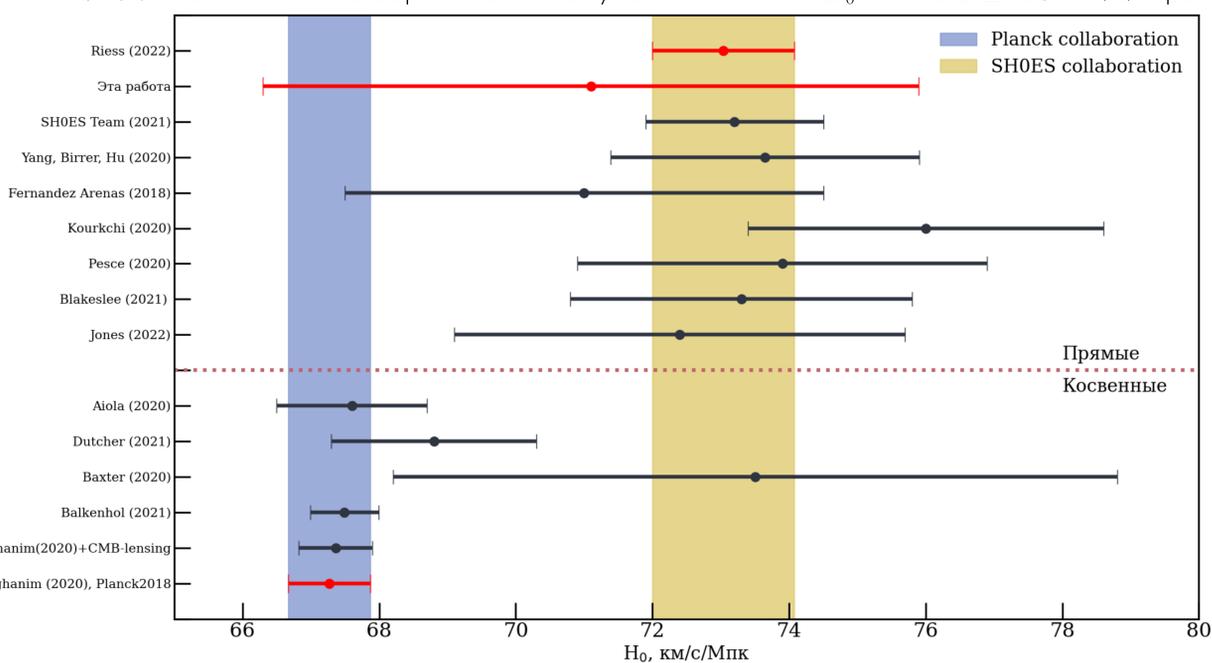
Ананьев Я.О.^{1,2} Куричин О.А.¹ Иванчик А.В.¹

¹Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе ²СПБАУ им. Ж.И. Алфёрова



Введение

В современной космологии существует рассогласование между независимыми оценками параметра Хаббла H_0 по исследованию реликтового излучения и по локальным наблюдениям. Накопление и уточнение наблюдательных данных может помочь решить эту проблему. Данная работа посвящена независимому определению H_0 с помощью шкалы расстояний голубых карликовых галактик (BCDg). Для этого было отобрано 5605 объектов с красными смещениями $z < 0.3$. Из анализа выборки было получено значение $H_0 = 71.1 \pm 4.8$ км/с/Мпк



Сравнение результата настоящей работы с наиболее известными независимыми оценками, описанными в обзоре [3]

Анализ данных

Для определения постоянной Хаббла по BCDg необходимо измерить их красное смещение и расстояние до них. Красное смещение таких объектов определяется с высокой точностью, так как их спектры обладают мощными эмиссионными линиями водорода, лабораторные длины волн которых известны.

- Для определения расстояния используется соотношение

$$F = \frac{L}{4\pi D_L^2} \quad (1)$$

- Чтобы определить светимость объекта в линии $H\beta$ используется отношение $L - \sigma$ из работы [2],

$$\text{Log}(L(H\beta)) = 33.25 \pm 0.25 + (5.02 \pm 0.21)\text{Log}(\sigma_{H\beta}) \quad (2)$$

Оно позволяет определить полную светимость галактики в линии $H\beta$, основываясь на измеряемой дисперсии скоростей галактики σ , которая дополнительно уширена за счет аппаратной функции спектрографа $\sigma_a = 69$ км/с и теплового движения

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{obs}^2 - \sigma_a^2 - \frac{kT_e}{m_e}} \quad (3)$$

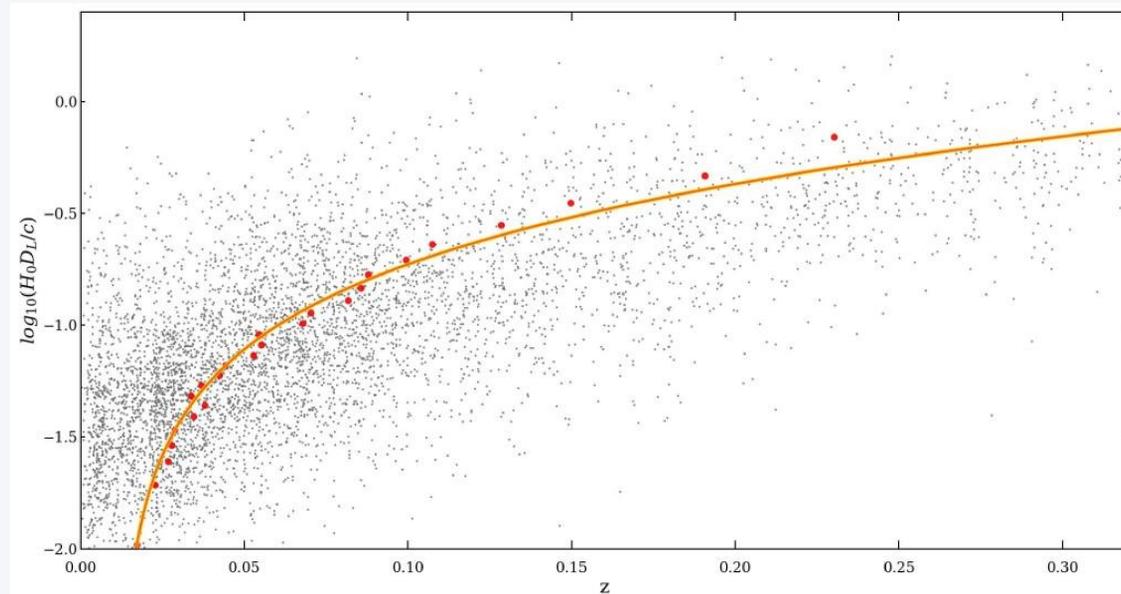
- Для определения H_0 и q_0 методом Монте-Карло было проведено фитирование измеренных данных по расстояниям и красным смещениям с помощью соотношения из [4]:

$$D_L = \frac{cz}{H_0} \left(1 + \frac{z}{2}(1 - q_0)\right) \quad (4)$$

Выборка объектов

В открытом каталоге SDSS DR17 [1] содержатся спектры 88490 карликовых малометаллических галактик. Отбор объектов производился по критерию детектирования в спектре эмиссионных линий Бальмеровской серии $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$ и металлов: $[OIII] \lambda 4363 \text{ \AA}$ и $\lambda 4959/5007 \text{ \AA}$, $[SII] \lambda 6717/6731 \text{ \AA}$, $[NII] \lambda 6548/6584 \text{ \AA}$ на уровне отношения сигнал-шум ≥ 3.5 . Измерение потоков производится путем фитирования профиля линий гауссовой функцией. Достоверность фитирования оценивалась с помощью метода χ^2 . Для автоматического отбора спектров была написана программа на языке Python 3. С её использованием, из всех спектров в каталоге было отобрано 5605 объектов для дальнейшего анализа. Полученная выборка является одной из самых больших, применявшихся для определения H_0 . В программе также реализован самосогласованный расчёт температуры T_e и концентрации n_e . При вычислении потока F , учитываются межзвёздное и подлинное поглощение, которые ослабляют измеряемый поток.

Результаты



На графике представлена зависимость $\log_{10}\left(\frac{H_0 D_L}{c}\right) - z$. В результате нелинейного регрессионного анализа были получены значения параметра Хаббла $H_0 = 71.1 \pm 4.8$ км/с/Мпк и параметра замедления $q_0 = -0.62 \pm 0.26$. Как видно из рисунка, параметр внутреннего разброса в выборке очень велик. На это может быть несколько причин: (1) наблюдаемый разброс может быть результатом наличия заметного количества выбросов в выборке объектов, (2) требуется полностью моделировать континуум спектров, для уточнения влияния систематических эффектов, (3) существуют какие-то еще неучтенные систематические эффекты. Тем не менее, полученные оценки хорошо согласуются с независимыми результатами как прямых измерений ($H_0 = 73.2 \pm 1.3$ км/с/Мпк, $q_0 = -0.51 \pm 0.02$), так и косвенных измерений ($H_0 = 67.5 \pm 0.5$ км/с/Мпк) [3].

Список использованных источников

- [1] Michael R Blanton, Francisco Prada, Timothy A Hutchinson, Samantha Penny, Meng Yang, Rafael Fernando Cirolini, Juna A Kollmeier, Timothy C Beers, Stephen Bailey, Dustin Lang, et al. arxiv: Sloan digital sky survey iv: Mapping the milky way, nearby galaxies and the distant universe. *Astron. J.*, 154(arXiv: 1703.00052);28, 2017.
- [2] David Fernández Arenas, Elena Terlevich, Roberto Terlevich, Jorge Melnick, Ricardo Chávez, Fabio Bresolin, Eduardo Telles, Manolis Plionis, and Spyros Basilakos. An independent determination of the local hubble constant. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 474(1):1250–1276, 2018.
- [3] Marc Kamionkowski and Adam G Riess. The hubble tension and early dark energy. *Annual Review of Nuclear and Particle Science*, 73:153–180, 2023.
- [4] Дмитрий Сергеевич Горбунов and Валерий Анатольевич Рубаков. Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва. Российская акад. наук, Ин-т ядерных исслед., 2007.