

УДК 524.333:524.662

Двойные противоречия соотношений для цефеид NGC 4258 по HVI-данным SH₀ES и важные законы поглощения

© 2025 Д. Маджаесс^{1*}

¹Университет Маунт-Сент-Винсент, Галифакс, Новая Шотландия, B3M 2J6 Канада

Поступила в редакцию 26 апреля 2025 года; после доработки 10 сентября 2025 года;
принята к публикации 15 октября 2025 года

Представлены данные исследований классических цефеид в ключевой галактике NGC 4258 в рамках проекта SH₀ES (Supernovae and H_0 for the Equation of State of dark energy) HVI в 2016–2022 гг. дают дважды противоречивые функции Везенхайта–Ливитт: $\Delta W_{0,H-VI} = -0^m 13 \pm 0^m 02$ ($-0^m 17$ невзвешенные), при ранее отмеченной $\Delta W_{0,I-VI} \simeq -0^m 3$, что в сочетании с дополнительными данными указывает на необходимость тщательной проверки оценки $H_0 \pm \sigma_{H_0}$, полученной по данным SH₀ES 2016 года для NGC 4258 (то есть $\sigma_{H_0}/H_0 \gtrsim 6\%$). Неопределенности в оценках расстояния до цефеид дополнительно усугубляются неоднозначностями закона поглощения, свойственными подобным соотношениям Ливитт (например, NGC 4258), особенно для сравнительно слабо затененных переменных (например, $\Delta d \gtrsim 4\%$, покрасневшие подвыборки цефеид в Млечном Пути, M 31, NGC 2442, NGC 4424, NGC 5643, NGC 7250). Наконец, в ходе анализа было выявлено, что база данных SH₀ES 2022 года содержит неверные данные фотометрии цефеид ММО.

Ключевые слова: звезды: переменные: цефеиды — космология: шкала расстояний — хаббловская константа

1. ВВЕДЕНИЕ

Ключевая галактика NGC 4258 (M 106) представляет собой давнюю проблему для исследователей цефеид, о чем свидетельствует история несответствия расстояний и функций Ливитт (например, Majaess, 2024b, и ссылки в ней). Сложности возникают отчасти из-за вырождений, вызванных заметным галактоцентрическим скоплением, поверхностным блеском и тенденцией к химическому составу, а также, возможно, нестандартными параметрами экранирования. Недавно было отмечено существенное смещение $0^m 3$ между Hoffmann et al. (2016, SH₀ES)¹ и Yuan et al. (2022, SH₀ES) Везенхайта W_{I-VI} величинами для цефеид NGC 4258 (Majaess, 2024a), а неоднородности распространяются на Maoz et al. (1999), Newman et al. (2001), Macri et al. (2006) и Fausnaugh et al. (2015). Результаты Yuan et al. (2022, SH₀ES) являются предпочтительными, поскольку они используют расширенную характеристику сложного фотометрического загрязнения (см. Раздел 4), тем самым подтверждая существующие опасения, требующие такого пристального внимания к предыдущим попыт-

кам SH₀ES (например, Efstathiou, 2020; Majaess, 2020). Важно отметить, что расходящиеся результаты NGC 4258 символизируют более общие трудности, присущие цефеидам (например, фотометрическое загрязнение, стандартизация, закон поглощения и металличность, Bono et al., 2008; Fausnaugh et al., 2015; Majaess, 2010; 2024b, см. также раздел 5 Macri et al. 2001, правую панель рис. 9 в Yuan et al. 2020, раздел 4 Yuan et al. 2022 и, соответственно, рис. 1 в Madore and Freedman 2024 и рис. 6 в Yuan et al. 2022). Следовательно, расстояния TRGB и JAGB желательны, особенно при их использовании в непереполненных и менее затененных областях (Freedman and Madore, 2023). Соответственно, Freedman et al. (2025, CCHP²) пришел к выводу, что расстояния до цефеид и SH₀ES слишком близки относительно их результатов TRGB и JAGB, и существуют проблемы до расширения с помощью SNe для определения H_0 . Отдельной точки зрения придерживается Riess et al. (2024, SH₀ES).

Согласно Freedman et al. (2025, CCHP), скорости расширения JWST JAGB и TRGB составляют 67.80 и $68.81 \text{ км с}^{-1} \text{Мпк}^{-1}$, в то время как Tammann and Reindl (2013) и Riess et al.

*E-mail: Daniel.Majaess@msvu.ca

¹Независимо от этих опасений, Hoffmann et al. (2016, SH₀ES) представил плодотворно обширную выборку W_{I-VI} цефеид за пределами Местной группы.

²Chicago–Carnegie Hubble Program.

(2024, SH_0 ES) отдают предпочтение величинам 64.1 ± 2.0 и 73.2 ± 0.9 км с $^{-1}$ Мпк $^{-1}$ соответственно. Эти результаты представлены с учетом дискуссии Сэндикса и де Вокулера о H_0 ³, которая подчеркивает актуальность «слепых» процедур, (например, раздел 4 в Freedman et al., 2025, CCHP). В этой более широкой теме, выступающей за Chaussidon et al. (2024, DESI), «чтобы избежать систематической ошибки подтверждения... «слепые» процедуры становятся стандартной практикой в космологическом анализе таких обзоров.» Тем не менее, SH_0 ES не опубликовал описание всеобъемлющего «слепого» процесса, а H_0 , Riess et al. (2005; 2024), оставалась практически неизменной на протяжении почти двух десятилетий, несмотря на внутренние противоречия, которые ставят под сомнение понятие устойчивости и кумулятивной сходимости. Исследование Efstathiou (2020) предполагает следующее: проверка SH_0 ES частично затруднена неопубликованными предварительно отобранными наборами данных цефеид, имеются смещения наклона Ливитт (например, см. также рис. 2 в Majaess, 2010), неопределенности занижены (например, см. также Таблицу 1 в Majaess, 2024a), и существуют значительные смещения цвета (например, см. также нижнюю левую панель рис. 6 в Majaess, 2010). Некоторые компиляции SH_0 ES могут оказаться сложными для изучения, поскольку их фотометрия VI не разделена на полностью очищенные отдельные полосы, а ранние данные SH_0 ES следует интерпретировать с осторожностью, поскольку наклон W_{V-VI} Riess et al. (2009b, SH_0 ES), определенный для цефеид в окрестности Солнца, противоречит аналогам Местной группы (сравните рис. 12 в Riess et al. 2009b с рис. 2 в Majaess, 2010, и рис. 1 в Majaess et al. 2011). Более пологий наклон, определяемый Riess et al. (2009b, SH_0 ES), может указывать на нестандартную фотометрию или неточную очистку (например, рис. 2 в Majaess, 2020), и, кроме того, часть наблюдений SH_0 ES оказалась слишком синей (например, NGC1309, Majaess, 2010). Более того, сопоставление цефеид SH_0 ES исключительно на основе координат может оказаться неудовлетворительным (см. также Efstathiou, 2020, и обсуждение в этом разделе). Вопросы, высказанные относительно SH_0 ES, изложены в нескольких исследованиях (например, Efstathiou, 2020; Mörtsell et al., 2022; Madore and Freedman, 2023; Blanchard et al., 2024; Freedman et al., 2024; Wojtak and Hjorth 2024; Gavas et al. 2025; см. также Majaess, 2010, 2024a,b).

В то же время, рациональные фундаментальные проблемы сохраняются относительно Λ CDM (на-

пример, Steinhardt 2011; Kroupa et al. 2012; López-Corredoira, 2014; Peebles, 2015)⁴, и, следовательно, H_0 привязан к этой модели (например, см. Раздел 1 и Приложение A в Riess and Breuval, 2023). Сводка оценок H_0 Λ CDM для более ранних эпох, выполненная командой NASA LAMBDA⁵ включает:

$$\begin{aligned} & 71.2 \pm 2.1 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} (\text{SPTPol 2017}), \\ & 67.36 \pm 0.54 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} (\text{Planck PR3 2018}), \\ & 68.7 \pm 1.3 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1} (\text{Planck+ACTPol+SPTPolEE 2021}). \end{aligned}$$

Разброс частично обусловлен неоднородным покрытием, но увеличивается при рассмотрении моделей, выходящих за рамки канонического Λ CDM. Эту расширенную последующую базовую линию можно сравнить с независимыми относительно локальными определениями H_0 (Steer, 2020).

В настоящей работе рассматриваются дополнительные вопросы, касающиеся данных NGC 4258. В разделе 2.1 сравниваются величины W_{H-VI} , связанные с наблюдениями SH_0 ES 2016–2022 NGC 4258. В разделе 2.2 переоценивается комплексное влияние неопределенного соотношения полного и выборочного поглощения R на такие величины Везенхайта, а также описываются систематические смещения расстояний. R , связанный с NGC 4258, может быть аномальным (Fausnaugh et al., 2015, и оговорки в этой работе), и продолжаются дебаты относительно более широких последствий R -неопределенностей (Mörtsell et al., 2022; Wojtak and Hjorth, 2024, и см. Riess et al. 2022 для контраргумента).

2. АНАЛИЗ

2.1. Фотометрические неоднородности

Закон Ливитт, сформулированный Везенхайтом, выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} W_{H-VI} - W_{0,H-VI} &= \mu_0 \\ (H - R_{H-VI}(V - I)) - (\alpha \log P + \beta) &= \mu_0 \end{aligned}$$

Например, фильтры могут быть H ($F160W$), V ($F555W$) и I ($F814W$). Выбранное отношение полного поглощения к селективному ($R_{H-VI} \approx 0.4$) является средним

Более широкая проблема быстро проясняется путем сравнения нулевых точек абсолютного соотношения звездных величин Везенхайта, выведенного из Riess et al. (2019) SH_0 ES LMC

⁴Significant issues associated with canonical cosmology include: “... dark matter particle or not, explanation of cosmic acceleration, the transformation of inflation into a fundamental theory.”—UChicago Cosmic Controversies conference.

⁵Legacy Archive for Microwave Background Data Analysis.

Cepheids ($\beta = -2^m 53 \pm 0^m 03$), Riess et al. (2016) SH₀ES NGC 4258 Cepheids ($\beta = -2^m 72 \pm 0^m 04$) и Riess et al. (2022) SH₀ES NGC 4258 Cepheids ($\beta = -2^m 59 \pm 0^m 03$). Эти результаты привязаны к опорным точкам Pietrzynski et al. (2019) LMC и Reid et al. (2019) NGC 4258, следующим за SH₀ES. В соответствии с выводами Majaess (2024a) (раздел 2), эти результаты указывают на проблемы, присущие H_0 и σ_{H_0} , основанным на SH₀ES VIH NGC 4258 2016 года (Таблицы 6 и 8 в Riess et al., 2016)⁶. В качестве альтернативы, при использовании той же галактики, расстояние до нее (& неопределенность) может быть устранено, а значимость смещения усиливается, в результате чего результаты NGC 4258, выведенные из Riess et al. (2016; 2022, SH₀ES), вычитаются, чтобы получить: $\Delta\beta = -0.13 \pm 0^m 02$ или невзвешенное $-0^m 17 \pm 0^m 03$ (Таблица 1). Проблемы возникают из-за кажущегося смещения звездной величины Везенхайта между этими наборами данных NGC 4258 (ΔW_{H-VI}), поскольку существуют фотометрические отклонения $\Delta H\Delta(V-I)$ среди обычных звезд. Это причина, и следствие можно наблюдать на β или $W_{0,H-VI}$. Это также справедливо для расхождения Hoffmann et al. (2016, SH₀ES) и Yuan et al. (2022, SH₀ES) NGC 4258 (см. также раздел 4 последнего). спорный эффект металличности не согласует все вышеупомянутые данные (для противоречивых мнений по вопросу металличности см. Madore and Freedman, 2024; Riess and Breuval, 2023).

2.2. R-Неоднозначности

Fausnaugh et al. (2015) предположил, что NGC 4258 может соответствовать аномальному $R_V \simeq 4.9$ относительно Млечного Пути ($R_V \simeq 3.26$, Berdnikov et al., 1996), но предупредил и высказал мнение, что «кажется вероятным, что в цветах нашей выборки присутствует по крайней мере один другой систематический эффект». Более того, галактика может обладать R -вариациями как функцией галактоцентрического расстояния (например, Gontcharov, 2013), в сочетании со средним значением, расходящимся от более широкой внегалактической выборки (например, Gordon et al., 2003). Fitzpatrick (1999) отметил, что «позитивное разнообразие кривых поглощения от ИК до УФ» является обычным явлением, а Gordon et al. (2003) отметил, что кривые поглощения Млечного Пути и Малого Магелланова Облака демонстрируют «континuum свойств».

Как уже отмечалось, R_{H-VI} может находиться в диапазоне 0.3–0.5, в то время как R_{I-VI}

⁶См. также важные выводы, представленные в разделе 10 Freedman and Madore (2023).

Таблица 1. Данные для NGC 4258 согласно SH₀ES 2016–2022 гг.

Ссылка	W_λ	$\Delta\beta$
Riess et al. (2016)	$H - VI$	$-0^m 13 \pm 0^m 02$
Riess et al. (2022)		
Hoffmann et al. (2016)	$I - VI$	$-0^m 3$
Yuan et al. (2022)		

Notes: for W_{I-VI} findings, see Majaess (2024a).

может находиться в диапазоне 1.30–1.55, и эти оценки консервативны (например, Таблица 2 в Udalski, 2003, и Таблица 6 в Riess et al. 2022) и незначительно меняются при незначительном изменении профилей SED-фильтр-инструмент. Например, Hoffmann et al. (2016, SH₀ES) принял $R_{I-VI} = 1.45$, тогда как Yuan et al. (2022, SH₀ES) выбрал $R_{I-VI} = 1.30$, следуя Riess et al. (2019, SH₀ES и ссылкам в нем). Что касается комбинации полос пропускания W_{H-VI} , Riess et al. (2009a, SH₀ES) отдал предпочтение $R_{H-VI} = 0.479$, тогда как Riess et al. (2022, SH₀ES) вывел $R_{H-VI} = 0.34$ из своей полной выборки цефеид.

В целом, существует широкий спектр возможностей для применения закона поглощения для внегалактических цефеид. Один из способов аппроксимации влияния вышеупомянутого разброса на расстояния — это вывод абсолютной и видимой функций Везенхайта с использованием одного и того же R . Во-первых, для установления абсолютной звездной величины Везенхайта использовалась фотометрия БМО Riess et al. (2019, SH₀ES) совместно с привязкой по данным проекта AegisCaria⁷. Во-вторых, расстояния для отдельных галактических цефеид впоследствии были рассчитаны с использованием Riess et al. (2021, SH₀ES) для расчета видимой функции Везенхайта. Фотометрия Млечного Пути SH₀ES удачно отображает значительную базовую линию поглощения. Полученное медианное смещение расстояний между экстремумами R_{I-VI} составляет примерно 5%, при этом более низкие R_{I-VI} дают более значительные расстояния. Для R_{H-VI} было выявлено медианное различие около 4%. Наибольшие расстояния, установленные с использованием $R_{H-VI} = 0.30$, относительно наименьшего, определенного с использованием $R_{I-VI} = 1.55$, были разделены примерно на 8% (медиана). Расстояния до экстрему-

⁷Такие привязки могут потребовать пересмотра (что важно, возможно, одностороннего), и существуют отдельные оценки с низкой цитируемой неопределенностью (Steer, 2020, и ссылки в нем).

мов R_{H-VI} в целом были более удаленными, чем те, которые связаны с R_{I-VI} .

Этот же иллюстративный подход был применен к обширным внегалактическим данным Riess et al. (2016; 2022, SH_0 ES) и Hoffmann et al. (2016, SH_0 ES), но на этот раз для всех цефеид с $P > 7^d$ в пределах данной галактики (т.е. критерий периода снижает влияние обертонов). Цефеиды в спектрах M 31, NGC 2442, NGC 4424, NGC 5643 и NGC 7250 характеризовались линиями обзора со сравнительно большим затенением и имели более 4% смещение расстояния. NGC 4258 не попадает в эту группу ($\Delta d \lesssim 1.6\%$, в зависимости от набора данных), если R находится в указанных пределах и не является аномальным (однако см. Fausnaugh et al., 2015, и оговорки в них). Эта неопределенность сочетается с более доминирующим фотометрическим смещением W_{H-VI} SH_0 ES (раздел 2.1), что подразумевает внутреннее расхождение около 6% H_0 в Efstathiou (2020). Несоответствие H_0 значительно выше среди данных W_{I-VI} SH_0 ES за 2016–2022 гг. (Majaess, 2024a).

3. ВЫВОДЫ

Абсолютная нулевая точка $W_{0,H-VI}$ звездной величины цефеид в критической мазерной галактике NGC 4258 охватывает диапазон более $0.^m1$ в наборах данных SH_0 ES 2016–2022 (таблица 1). Это добавляется к расхождению $0.^m3$ $W_{0,I-VI}$, обнаруженному ранее и связанному с отдельной комбинацией полос пропускания (Majaess, 2024a), и указывает на проблемные фотометрические данные 2016 года SH_0 ES NGC 4258 и $H_0 \pm \sigma_{H_0}$, привязанные к этой галактике (см. записи в таблицах 6 и 8 в Riess et al., 2016). Более того, возникающие неопределенности расстояний до цефеид еще больше увеличиваются за счет внутреннего расхождения SH_0 ES (подразумеваемого более 6% H_0 при связи исключительно с этим мазерным якорем) для относительно покрасневших подвыборок из-за неоднозначностей R_{H-VI} и R_{I-VI} (раздел 2.2).

Желательно продолжение независимых исследований более широкого влияния вариаций R на расстояния до цефеид и сверхновых (например, Elias-Rosa et al., 2006; Fausnaugh et al., 2015; Goobar, 2008; Wojtak and Hjorth, 2024), как это показано на примере неоднозначности расстояния до Центавра А (Ferrarese et al., 2007; Majaess, 2010). Ограничения могут возникнуть в результате прорывов в изучении межзвездной среды, связанных с выявлением источника(ов) за пределами пика поглощения на 220 нм, многочисленных неопознанных линий инфракрасного излучения и диффузных межзвездных полос выше 500 (например,

Turner et al., 2014; Xiang et al., 2017; Ebenbichler et al., 2024; Majaess et al., 2025).

Группа SH_0 ES излагает свою точку зрения на влияние неопределенностей R на H_0 в нескольких исследованиях (например, Riess et al., 2009a; 2022, и в разделе 6.3 и Приложении D последнего исследования), а отдельные мнения см. в Mörtsell et al. (2022) и Wojtak and Hjorth (2024). Наконец, анализ макроданных показал, что фотометрия цефеид ММО W_{H-VI} , полученная с помощью Riess et al. (2022, SH_0 ES), выглядит искаженной и накладывается на функцию Везенхайта ММО. Этот вывод был подтвержден построением выборки цефеид ММО на основе фотометрических каталогов, представленных в литературе. В более широком смысле, цефеиды ММО могут представлять собой сравнительно более сложную задачу, поскольку калибратор Везенхайта (например, LMC) учитывает их значительную глубину вдоль линии визирования и наклона (Caldwell and Coulson, 1986; Groenewegen, 2000; Subramanian and Subramaniam, 2012, например, рис. 12).

БЛАГОДАРНОСТИ

В работе использованы данные таких баз и проектов, как CDS (<https://cds.unistra.fr/>), NASA ADS (<https://ui.adsabs.harvard.edu/>), arXiv (<https://arxiv.org/>), OGLE (<https://ogle.astrouw.edu.pl/atlas/>), Araucaria (<https://araucaria.camk.edu.pl/>), SH_0 ES (<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac5c5b/pdf>), (C)CHP (<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/adce78/pdf>).

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данная работа в рамках финансирования института. Дополнительных грантов на проведение или руководство данным исследованием не поступало.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор данной работы заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. L. N. Berdnikov, O. V. Vozyakova, and A. K. Dambis, *Astronomy Letters* **22** (3), 334 (1996).
2. A. Blanchard, J.-Y. Héloret, S. Ilić, et al., *The Open Journal of Astrophysics* **7**, id. 32 (2024). DOI:10.33232/001c.117170
3. G. Bono, F. Caputo, G. Fiorentino, et al., *Astrophys. J.* **684** (1), 102 (2008). DOI:10.1086/589965

4. J. A. R. Caldwell and I. M. Coulson, Monthly Notices Royal Astron. Soc. **218**, 223 (1986). DOI:10.1093/mnras/218.2.223
5. G. Carraro, D. Turner, D. Majaess, and G. Baume, Astron. and Astrophys. **555**, id. A50 (2013). DOI:10.1051/0004-6361/201321421
6. E. Chaussidon, A. de Mattia, C. Yèche, et al., Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, **2025** 01, id. 135 DOI:10.1088/1475-7516/2025/01/135
7. A. Ebenbichler, J. V. Smoker, R. Lallement, et al., Astron. and Astrophys. **686**, id. A50 (2024). DOI:10.1051/0004-6361/202348871
8. G. Efstathiou, arXiv e-prints astro/ph:2007.10716 (2020). DOI:10.48550/arXiv.2007.10716
9. N. Elias-Rosa, S. Benetti, E. Cappellaro, et al., Monthly Notices Royal Astron. Soc. **369** (4), 1880 (2006). DOI:10.1111/j.1365-2966.2006.10430.x
10. M. M. Fausnaugh, C. S. Kochanek, J. R. Gerke, et al., Monthly Notices Royal Astron. Soc. **450** (4), 3597 (2015). DOI:10.1093/mnras/stv881
11. L. Ferrarese, J. R. Mould, P. B. Stetson, et al., Astrophys. J. **654** (1), 186 (2007). DOI:10.1086/506612
12. E. L. Fitzpatrick, Publ. Astron. Soc. Pacific **111** (755), 63 (1999). DOI:10.1086/316293
13. W. L. Freedman and B. F. Madore, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics **2023** (11), id. 050 (2023). DOI:10.1088/1475-7516/2023/11/050
14. W. L. Freedman, B. F. Madore, H. J. Taylor, et al., Astrophys. J., **985** 2, id. 203 (2025) DOI:10.3847/1538-4357/adce78
15. G. A. Gontcharov, Astronomy Letters **39** (2), 83 (2013). DOI:10.1134/S1063773713020047
16. A. Goobar, Astrophys. J. **686** (2), L103 (2008). DOI:10.1086/593060
17. K. D. Gordon, G. C. Clayton, K. A. Misselt, et al., Astrophys. J. **594** (1), 279 (2003). DOI:10.1086/376774
18. M. A. T. Groenewegen, Astron. and Astrophys. **363**, 901 (2000). DOI:10.48550/arXiv.astro-ph/0010298
19. J. A. Hackwell and R. D. Gehrz, Astrophys. J. **194**, 49 (1974). DOI:10.1086/153222
20. S. L. Hoffmann, L. M. Macri, A. G. Riess, et al., Astrophys. J. **830** (1), article id. 10 (2016). DOI:10.3847/0004-637X/830/1/10
21. P. Kroupa, M. Pawłowski, and M. Milgrom, International Journal of Modern Physics D **21** (14), id. 1230003 (2012). DOI:10.1142/S0218271812300030
22. M. López-Corredoira, Studies in the History and Philosophy of Modern Physics **46-A**, 86 (2014). DOI:10.1016/j.shpsb.2013.11.005
23. L. M. Macri, D. Calzetti, W. L. Freedman, et al., Astrophys. J. **549** (2), 721 (2001). DOI:10.1086/319465
24. L. M. Macri, K. Z. Stanek, D. Bersier, et al., Astrophys. J. **652** (2), 1133 (2006). DOI:10.1086/508530
25. B. F. Madore and W. L. Freedman, Astrophys. J. **961** (2), id. 166 (2024). DOI:10.3847/1538-4357/acfaea
26. D. Majaess, Acta Astronomica **60** (2), 121 (2010). DOI:10.48550/arXiv.1006.2458
27. D. Majaess, Astrophys. J. **897** (1), id. 13 (2020). DOI:10.3847/1538-4357/ab8d1f
28. D. Majaess, Monthly Notices Royal Astron. Soc. **529** (3), 2627 (2024a). DOI:10.1093/mnras/stae691
29. D. Majaess, arXiv e-prints astro/ph:2401.12964 (2024b). DOI:10.48550/arXiv.2401.12964
30. D. Majaess, H. Seuret, T. A. Harriott, et al., Monthly Notices Royal Astron. Soc. **539** (4), 3489 (2025). DOI:10.1093/mnras/staf722
31. D. Majaess, D. Turner, I. Dékány, et al., Astron. and Astrophys. **593**, id. A124 (2016). DOI:10.1051/0004-6361/201628763
32. D. Majaess, D. Turner, and W. Gieren, Astrophys. J. **741** (2), id. L36 (2011). DOI:10.1088/2041-8205/741/2/L36
33. D. Majaess, D. G. Turner, and W. Gieren, Astrophys. J. **772** (2), id. 130 (2013). DOI:10.1088/0004-637X/772/2/130
34. E. Maoz, J. A. Newman, L. Ferrarese, et al., Nature **401** (6751), 351 (1999). DOI:10.1038/43838
35. E. Mörtsell, A. Goobar, J. Johansson, and S. Dhawan, Astrophys. J. **935** (1), id. 58 (2022). DOI:10.3847/1538-4357/ac7c19
36. J. A. Newman, L. Ferrarese, P. B. Stetson, et al., Astrophys. J. **553** (2), 562 (2001). DOI:10.1086/320969
37. D. Overbye, *Lonely Hearts of the Cosmos. The Scientific Quest for the Secret of the Universe.* (Harper-Collins, New York, 1991).
38. P. J. E. Peebles, Proceedings of the National Academy of Science **112** (40), 12246 (2015). DOI:10.1073/pnas.1308786111
39. G. Pietrzyński, D. Graczyk, A. Gallenne, et al., Nature **567** (7747), 200 (2019). DOI:10.1038/s41586-019-0999-4
40. M. J. Reid, D. W. Pesce, and A. G. Riess, Astrophys. J. **886** (2), id. L27 (2019). DOI:10.3847/2041-8213/ab552d
41. A. G. Riess and L. Breuval, arXiv e-prints astro/ph:2308.10954 (2023). DOI:10.48550/arXiv.2308.10954
42. A. G. Riess, S. Casertano, W. Yuan, et al., Astrophys. J. **876** (1), article id. 85 (2019). DOI:10.3847/1538-4357/ab1422
43. A. G. Riess, S. Casertano, W. Yuan, et al., Astrophys. J. **908** (1), id. L6 (2021). DOI:10.3847/2041-8213/abdbaf
44. A. G. Riess, W. Li, P. B. Stetson, et al., Astrophys. J. **627** (2), 579 (2005). DOI:10.1086/430497
45. A. G. Riess, L. Macri, S. Casertano, et al., Astrophys. J. **699** (1), 539 (2009a). DOI:10.1088/0004-637X/699/1/539

- <https://doi.org/10.1088/0004-637X/699/1/539>
46. A. G. Riess, L. Macri, W. Li, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **183** (1), 109 (2009b). DOI:10.1088/0067-0049/183/1/109
47. A. G. Riess, L. M. Macri, S. L. Hoffmann, et al., *Astrophys. J.* **826** (1), article id. 56 (2016). DOI:10.3847/0004-637X/826/1/56
48. A. G. Riess, D. Scolnic, G. S. Anand, et al., *Astrophys. J.*, **977** (1), id. 120 (2024). DOI:10.3847/1538-4357/ad8c21
49. A. G. Riess, W. Yuan, L. M. Macri, et al., *Astrophys. J.* **934** (1), id. L7 (2022). DOI:10.3847/2041-8213/ac5c5b
50. V. Scowcroft, W. L. Freedman, B. F. Madore, et al., *Astrophys. J.* **743** (1), article id. 76 (2011). DOI:10.1088/0004-637X/743/1/76
51. I. Steer, *Astron. J.* **160** (5), id. 199 (2020). DOI:10.3847/1538-3881/abafba
52. P. Steinhardt, *Scientific American* **304** (4), 18 (2011). DOI:10.1038/scientificamerican0411-36
53. S. Subramanian and A. Subramaniam, *Astrophys. J.* **744** (2), article id. 128 (2012). DOI:10.1088/0004-637X/744/2/128
54. G. A. Tammann and B. Reindl, *Proc. IAU Symp.* No. 289, Ed. R. de Grijs (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2013), p. 13.
55. D. G. Turner, *Astron. J.* **81**, 1125 (1976). DOI:10.1086/111994
56. D. G. Turner, *Astrophys. and Space Sci.* **337** (1), 303 (2012). DOI:10.1007/s10509-011-0833-4
57. D. G. Turner, D. J. Majaess, and D. D. Balam, *Canadian Journal of Physics* **92** (12), 1696 (2014). DOI:10.1139/cjp-2014-0288
58. A. Udalski, *Astrophys. J.* **590** (1), 284 (2003). DOI:10.1086/374861
59. R. Wojtak and J. Hjorth, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **533** (2), 2319 (2024). DOI:10.1093/mnras/stae1977
60. F. Y. Xiang, A. Li, and J. X. Zhong, *Astrophys. J.* **835** (1), article id. 107 (2017). DOI:10.3847/1538-4357/835/1/107
61. W. Yuan, M. M. Fausnaugh, S. L. Hoffmann, et al., *Astrophys. J.* **902** (1), 26 (2020). DOI:doi:10.48550/arXiv.2007.07888
62. W. Yuan, L. M. Macri, A. G. Riess, et al., *Astrophys. J.* **940** (1), id. 64 (2022). DOI:10.3847/1538-4357/ac51db
63. G. Zasowski, S. R. Majewski, R. Indebetouw, et al., *Astrophys. J.* **707** (1), 510 (2009). DOI:10.1088/0004-637X/707/1/510

Doubly Discordant SH_0 ES NGC 4258 Cepheid Relations (HVI) and Impactful Extinction Laws

D. Majaess¹

¹ Mount Saint Vincent University, Halifax, Nova Scotia, B3M 2J6 Canada

SH_0 ES (Supernovae and H_0 for the Equation of State of dark energy) 2016–2022 HVI data for classical Cepheids in the keystone galaxy NGC 4258 yield doubly discordant Wesenheit Leavitt functions: $\Delta W_{0,H-VI} = -0.^m13 \pm 0.^m02$ ($-0.^m17$ unweighted) and that is paired with the previously noted $\Delta W_{0,I-VI} \simeq -0.^m3$, which in concert with complimentary evidence suggest the 2016 SH_0 ES NGC 4258-anchored $H_0 \pm \sigma_{H_0}$ warrants scrutiny (i.e., $\sigma_{H_0}/H_0 \gtrsim 6\%$). Cepheid distance uncertainties are further exacerbated by extinction law ambiguities endemic to such Leavitt relations (e.g., NGC 4258), particularly for comparatively obscured variables (e.g., $\Delta d \gtrsim 4\%$, reddened Cepheid subsamples in the Milky Way, M 31, NGC 2442, NGC 4424, NGC 5643, NGC 7250). Lastly, during the analysis it was identified that the 2022 SH_0 ES database relays incorrect SMC Cepheid photometry.

Keywords: stars: variables: Cepheids—cosmology: distance scale—Hubble constant