

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО АСТРОНОМИИ

Емец Н.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: emetsnp@mail.ru

Вопросы применения информационных технологий в образовании находятся в центре научных интересов. Но, несмотря на ряд исследований по использованию электронных средств в обучении, существуют проблемы, которые требуют детального изучения для более эффективного внедрения данных средств в практику преподавания астрономии в педагогическом вузе. Рассматриваются основные методические аспекты лабораторного практикума по астрономии с использованием зарубежных электронных интерактивных материалов (изображений галактики М100) для поиска переменных звезд – цефеид. Цель введения новой лабораторной работы – показать возможности современных интернет-технологий в учебном процессе с использованием уникальных наблюдательных ресурсов космического телескопа имени Хаббла. Выделены основные этапы, описаны практический опыт и результаты лабораторной работы «Определение шкалы внегалактических расстояний», которая была успешно представлена в учебном процессе Школы педагогики Дальневосточного федерального университета. Отмечено, что измерение расстояния – одна из важнейших задач современной астрофизики и космологии. Особое внимание уделено роли научного потенциала электронных средств, важности лабораторного практикума в обучении астрономии. Показано, что интерактивные электронные материалы по астрономии призваны стать неотъемлемой частью образовательного процесса в педагогическом вузе.

Ключевые слова: информационные технологии по астрономии, лабораторный практикум по астрономии, электронные средства обучения.

## USE OF ELECTRONIC INTERACTIVE TRAINING MATERIALS IN LABORATORY PRACTICUM ON ASTRONOMY

Emets N.P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Far-Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: emetsnp@mail.ru

The application of information technologies in education is at the center of scientific interests. But, despite a number of studies on the use of electronic tools in teaching, there are problems that require detailed study for more effective implementation of these tools in the practice of teaching astronomy in a pedagogical university. The main methodological aspects of the laboratory practical work on astronomy with the use of foreign electronic interactive materials (images of the galaxy M100) for searching variable stars - cepheids are considered. The purpose of introducing new laboratory work is to show the possibilities of modern Internet technologies in the educational process using the unique observational resources of the Hubble Space Telescope. The main stages are described, the practical experience and results of the laboratory work «Determination of the scale of extragalactic distances», which was successfully presented in the educational process of the School of Pedagogy of the Far Eastern Federal University, are described. It is noted that the measurement of distance is one of the most important tasks of modern astrophysics and cosmology. Particular attention is paid to the role of the scientific potential of electronic means, the importance of laboratory practice in the teaching of astronomy. It is shown, interactive electronic materials on astronomy are called to become an integral part of the educational process in the pedagogical university.

Keywords: information technologies in astronomy, laboratory practical work on astronomy, electronic means of training.

Появление гигантских наземных и космических телескопов существенно изменило наше представление не только о природе различных космических объектов, но и о Вселенной в целом. Вместе с тем содержание учебного материала не в полной мере отражает новые открытия в Солнечной системе, внегалактической астрономии, космологии, а в практикуме по астрономии педагогического вуза не уделено должного внимания подлинным

научным наблюдениям, научным статьям, интернет-технологиям и т.п. Отсутствие отечественных электронных ресурсов позволило выйти на технологии зарубежных электронных материалов, содержащих современную научную и учебную информацию по дисциплине «Астрономия». В связи с этим возникает острая потребность в подготовке компетентного учителя, который должен обладать не только астрономическими знаниями, но и владеть современными информационными технологиями и методикой их использования в учебном процессе. Поэтому перед преподавателем ставится задача адаптации, раскрытия потенциала зарубежных электронных учебных материалов и разработки методики для их использования с целью оснащения курса астрономии современными электронными учебными средствами.

Выполнение лабораторных работ по астрономии очень важно, так как именно в практике возможно глубокое усвоение теоретического материала, овладение основными методами астрономических исследований, развитие умений оценивать научную информацию, применять современные информационные технологии [1; 2]. В этой статье, учитывая достаточно успешные результаты педагогического опыта по использованию зарубежных интернет-ресурсов в учебном процессе Школы педагогики ДВФУ [1; 3], рассмотрим в качестве примера электронные материалы Университета Западного Кентукки (США), адаптированные нами при выполнении лабораторного практикума по космологии.

### **Цель исследования**

Ключевые вопросы современной астрофизики – определение расстояний до космических объектов. С помощью открытых в галактике М100 цефеид впервые было определено расстояние до скопления галактик в Деве и уточнено значение постоянной Хаббла. Отметим важность изучения этой темы для будущего учителя физики и астрономии. Всё вышеизложенное обусловило цель данного исследования – разработка лабораторной работы «Определение шкалы внегалактических расстояний» на основе исследования цефеид в галактике М100 космическим телескопом «Хаббл» и интерактивных электронных материалов Университета Западного Кентукки (США), практическая реализация и экспериментальное исследование для проверки эффективности применения в обучении.

### **Материал и методы исследования**

Лабораторная работа «Определение шкалы внегалактических расстояний» оформлена в виде веб-страниц в формате HTML. Электронные материалы находятся в свободном доступе [4] и представляют собой оригинальные онлайн-ресурсы – интерактивные изображения галактики М100 на основе исследования в ней цефеид космическим телескопом «Хаббл» [5; 6].

В содержание работы входят теоретический материал и практические задания. В

теоретическом материале изложены основы космологической шкалы расстояний во Вселенной, методы определения расстояний до космических объектов. Отдельными веб-страницами рассмотрены технологии получения интерактивных изображений галактики M100 для данной лабораторной работы. Следует подчеркнуть, что в работе используются реальные изображения галактики M100, полученные на космическом телескопе «Хаббл».

Итак, в работе предлагается определить расстояние до галактики M100 с помощью цефеид, которые необходимо найти на интерактивных изображениях. Галактика M100 одна из самых ярких и больших галактик в скоплении Девы. В этой лабораторной работе исследуется только область WF4 галактики M100 (рис. 1).

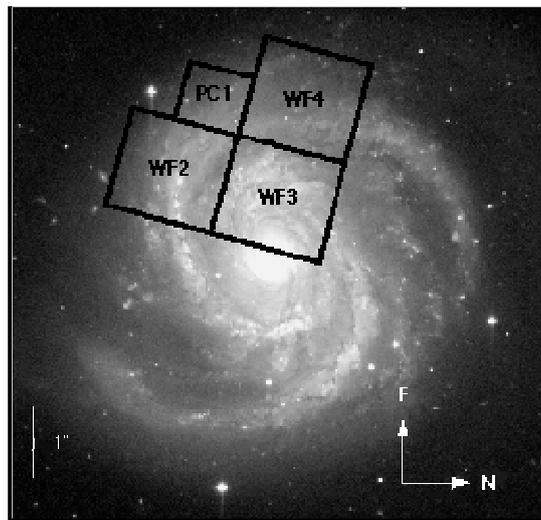


Рис. 1. Галактика M100 (HST, NASA)

На рисунке 2 представлена область WF4, разбитая на 64 интерактивные мини-области.

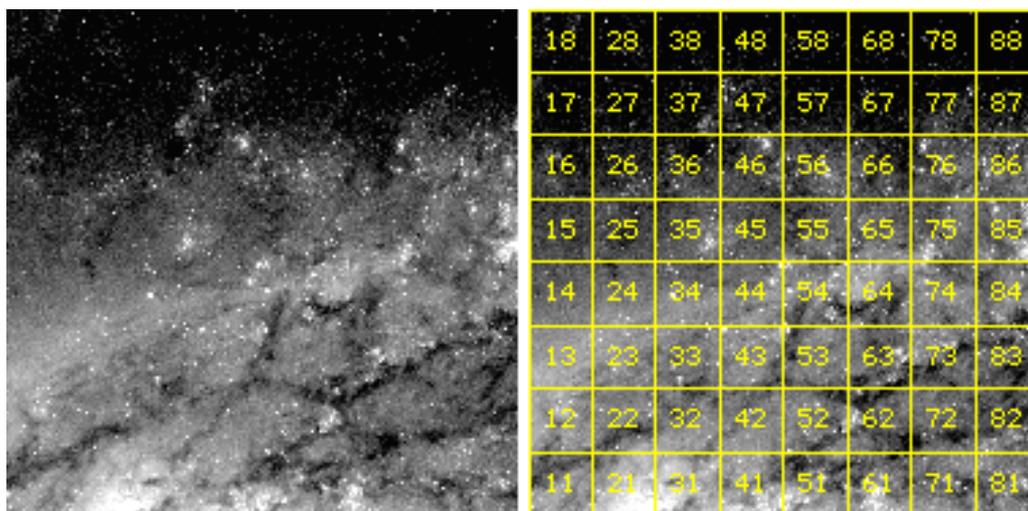


Рис. 2. Область WF4 галактики M100

Каждый участок сетки (рис. 2) открывается в увеличенном виде и представляет собой

интерактивную область галактики, в которой есть цефеида. Выделенные области галактики представляют собой gif-изображения, в которых по изменению блеска необходимо найти цефеиду!

Практическую часть практикума мы разбили на четыре задания:

1. Поиск переменных звезд (цефеид) в галактике M100.
2. Определение расстояния до галактики M100.
3. Оценка постоянной Хаббла.
4. Определение возраста Вселенной.

Далее кратко рассмотрим основные методические аспекты, адаптированные нами для выполнения заданий.

На рисунке 3 показан один участок – это 1/64 часть выделенного изображения области WF4 для галактики M100. В области WF4 известно 26 цефеид. В работе предлагается найти 8 цефеид, в том числе цефеиды в демонстрационном примере C46 и C54.

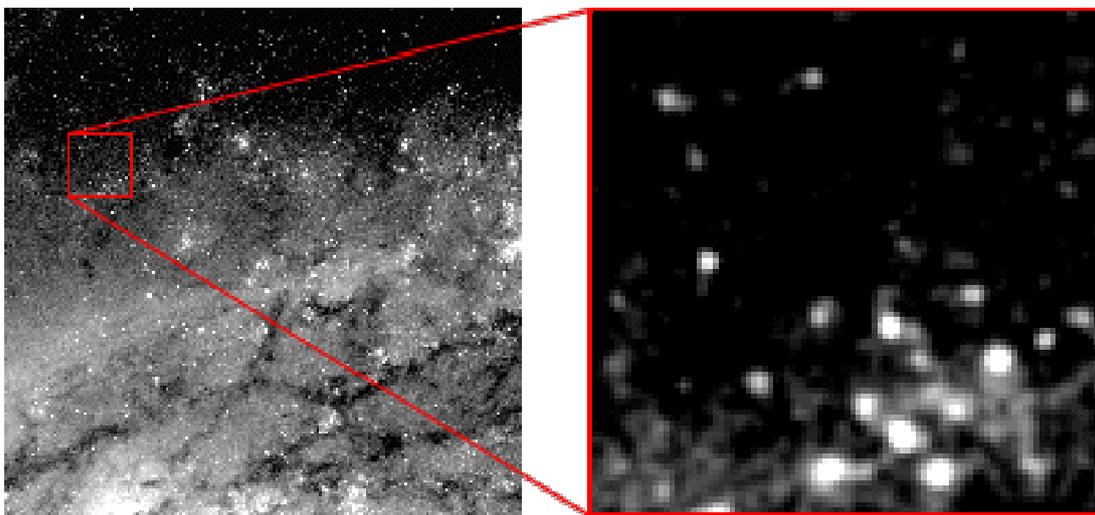


Рис. 3. Поиск цефеид в галактике M100

Если объект, на который кликнули, не является известной цефеидой, то появится запись: *Nope, not a known Cepheid...* Если верно найдена цефеида – появится красный кружок, в котором обнаружена переменная звезда, и рядом – кривая блеска для данной цефеиды (рис. 4).

На рисунке 4 в качестве примера представлены найденные цефеиды (справа), обозначенные C46 и C54. Слева показаны графики, по которым необходимо определить среднее значение видимой звездной величины  $m_v$  и период изменения блеска звезды. Видимая звездная величина на этих кривых блеска обозначается  $V$  (DoPHOT). Период  $P$  определяется из кривой блеска (рис. 4). Так, для цефеиды C46 период  $P=25,3$  (суток).

Почему цефеиды ценны в качестве индикаторов расстояния? Для цефеид установлена

важная зависимость период-светимость. Поэтому, зная яркость звезды, можно вычислить, как далеко она находится.

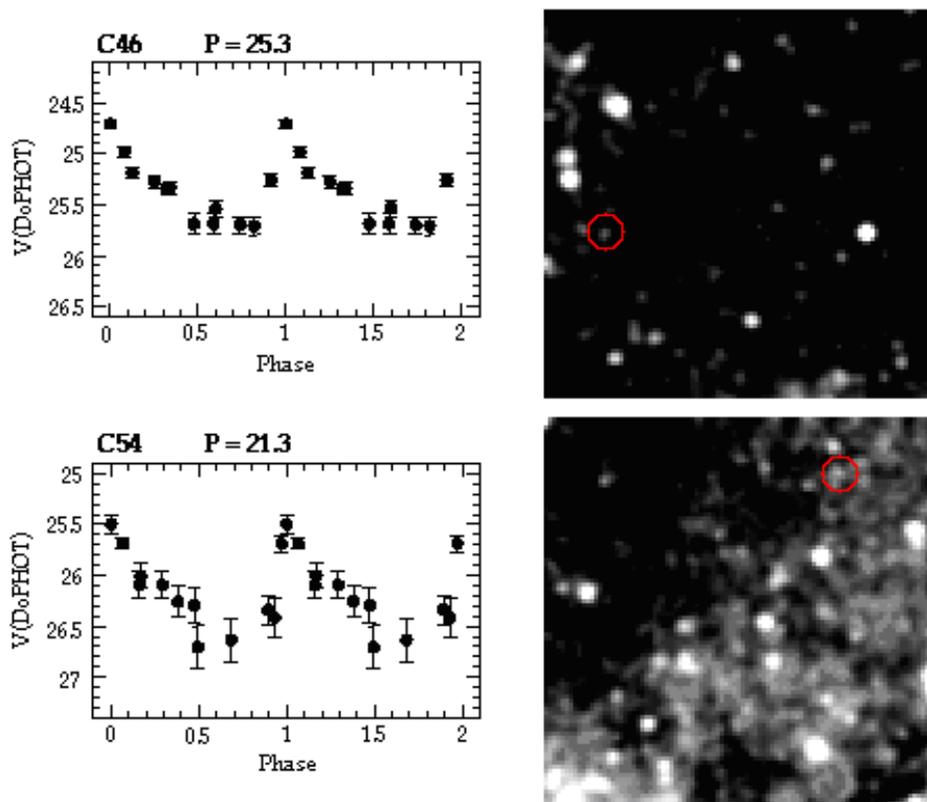


Рис. 4. Примеры цефеид, найденных в галактике M100

Для того чтобы определить расстояние до галактики M100, необходимо найти абсолютную звездную величину для каждой цефеиды по формуле [4]:

$$M_v = - [2,76 (\log_{10} P - 1,0)] - 4,16.$$

Например, цефеида C46 имеет абсолютную звездную величину:

$$M_v = - [2,76 (\log_{10} 25,3 - 1,0)] - 4,16 = -5,27.$$

Затем, зная видимую и абсолютную звездные величины, необходимо оценить расстояние до звезды. Видимую звездную величину  $m_v$  определяют по графику (рис. 4).

В работе рекомендуется учесть данные: межзвездное поглощение ( $A_v = 0,30$ ) и данные калибровки (0,05) для WFPC изображений камеры космического телескопа «Хаббл» [5; 6]. Поэтому с учетом этих эффектов расстояние до галактики M100, в которой наблюдается цефеида, определится в работе по формуле [4]:

$$d = 10^{(m_v - M_v + 5 - A_v + 0,05)/5}.$$

В первом задании студентам предложена рабочая таблица результатов.

#### Результаты лабораторной работы

Название цефеиды	Область (номер сетки)	Видимая звездная величина (средняя) $m$	Период (дни) $P$	Абсолютная звездная величина $M$	Модуль расстояния $m-M$

C46	47	25,3	25,3	-5,27	30,57
C54	55	26,1	21,3	-5,06	31,16

В качестве примера в таблице заполнены данные о цефеидах C46 и C54 из рисунка 4.

Вычислив модуль расстояния для каждой цефеиды, далее необходимо определить среднее значение модуля расстояния, а затем – расстояние до галактики.

В следующих заданиях определяются постоянная Хаббла и возраст Вселенной. Оценить постоянную Хаббла в лабораторной работе мы можем из закона Хаббла:

$$H = \frac{v}{d},$$

где  $v$  – скорость удаления галактики M100 от нашей Галактики,  $d$  – расстояние до галактики. В работе используются данные [7]: скорость скопления галактик в Деве  $1396 \pm 96$  км/с.

В завершающем задании лабораторной работы необходимо оценить возраст Вселенной из значения постоянной Хаббла:

$$t = \frac{1}{H}.$$

Студентам предлагается сравнить (рис. 5) полученные значения с современными научными результатами [8; 9], оценить их точность, сделать выводы и заполнить отчет к лабораторной работе.

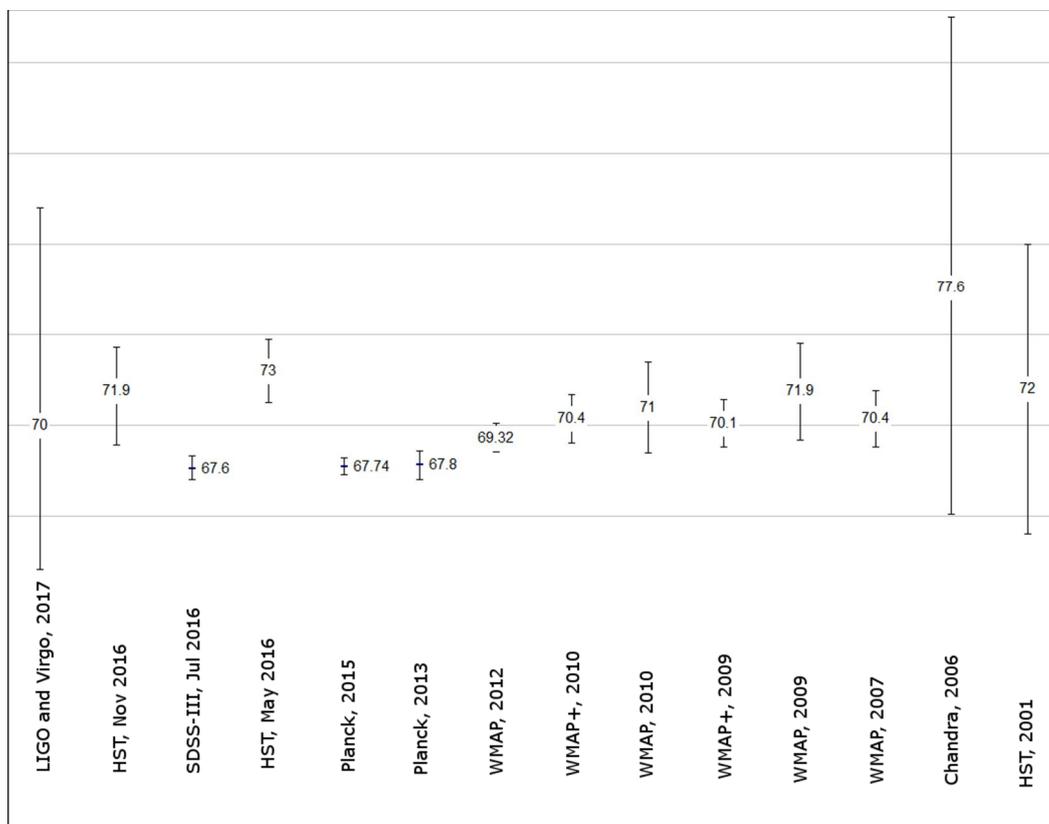


Рис. 5. Значения постоянной Хаббла

Проблема определения возраста Вселенной – это проблема определения расстояния

до галактик [10]. Знание расстояний до космических объектов необходимо для оценки их размеров, форм, изучения эволюции и физических процессов, происходящих в них, и др. Кроме того, расстояние до галактик дает возможность определить значение фундаментальных космологических постоянных, подтвердить или опровергнуть наше представление о Вселенной в целом. Таким образом, измерение расстояния – одна из важнейших задач современной астрофизики и космологии.

### **Результаты исследования**

Результаты проведенного нами педагогического исследования выявили: усвоение материала будет более эффективным, если применяется комплекс электронных материалов, объединенных общностью темы, методикой её изложения, единым методическим подходом к использованию этих средств [1].

Весьма полезными для нас оказались и другие лабораторные работы, в которых используем иные методы определения расстояний до космических объектов: определение расстояния до рассеянных звездных скоплений методом подгонки главной последовательности, определение расстояния с помощью сверхновых Ia, определение расстояния с помощью красного смещения линий в спектрах галактик. Эти работы в практикуме мы разработали на основе использования современных научных данных и интерактивных возможностей электронных материалов зарубежных лабораторий [3]. Опыт показал, что такие материалы обладают более широким спектром возможностей в обучении астрономии студентов, обеспечивают частичное погружение студента в научно-исследовательскую среду, позволяют заложить основы естественно-научного мировоззрения, научного стиля мышления, развития навыков оценки и обобщения полученных результатов. Наряду с этим необходимо отметить: использование зарубежных электронных средств не вызывает проблем перевода, а, наоборот, стимулирует у студентов потребность в понимании иноязычного текста, демонстрирует возможности выполнения работы вместе с зарубежными студентами.

### **Заключение**

Применение электронных средств обучения становится сегодня насущной потребностью в освоении курса астрономии на разных этапах обучения. Для их использования необходимо минимальное оснащение – компьютерный класс и доступ в сеть Интернет. Поэтому данная работа будет интересна и учителям физики, ведь астрономия вернулась в список обязательных школьных предметов. Изложение многих тем школьной программы по астрономии полезно сопровождать выполнением лабораторного практикума, в котором ученик выступает в роли исследователя, совершающего научные «открытия». А эту работу с поиском цефеид можно превратить в настоящее исследование!

## Список литературы

1. Емец Н.П. Оценка эффективности использования информационных технологий в обучении астрономии студентов школы педагогики // Вестн. Томского гос. пед. ун-та (TSPU Bulletin). – 2016. – Вып. 8 (173). – С. 83-88.
2. Вольф А.В. Применение информационных технологий в лабораторном практикуме по астрономии // Педагогическое образование на Алтае. – 2014. – № 1. – С. 62-66.
3. Емец Н.П. Использование зарубежных сетевых ресурсов при изучении астрономии // Научное обозрение: гуманитарные исследования. – 2015. – № 10. – С. 39-46.
4. Determining the Extragalactic Distance Scale [Electronic resource]. URL: <http://astro.wku.edu/labs/m100/> (accessed March 27, 2018).
5. Ferrarese L., Freedman W.L. et al. The Extragalactic Distance Scale Key Project. IV. The Discovery of Cepheids and a New Distance to M100 Using the Hubble Space Telescope. The Astrophysical Journal, 1996, vol. 464, pp. 568-599.
6. Freedman W.L., Madore B.F. et al. Distance to the Virgo cluster galaxy M100 from Hubble Space Telescope observations of Cepheids. Nature, 1994, vol. 371, pp. 757-762.
7. Mould J., Huchra J.P., Bresolin F. et al. Limits on the Hubble constant from the HST distance of M100. The Astrophysical Journal, 1995, vol. 449, pp. 413-421.
8. Riess A.G., Casertano S. et al. New parallaxes of galactic Cepheids from spatially scanning the Hubble Space Telescope: Implications for the Hubble constant. The Astrophysical Journal, 2018, vol. 855 (2), arXiv:1801.01120, DOI : 10,3847 / 1538-4357 / aaadb7
9. Improved Hubble Yardstick Gives Fresh Evidence for New Physics in the Universe. URL: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/improved-hubble-yardstick-gives-fresh-evidence-for-new-physics-in-the-universe> (accessed March 27, 2018).
10. Галактики / Аведисова В.С., Вибе Д.З., Сурдин В.Г. и др. - М.: Физматлит, 2017. – 432 с.