

СОГЛАСОВАНО

Директор САО РАН,


В.В.Власюк

4 сентября 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ

Председатель Национального комитета
по тематике российских телескопов,


К.А.Постнов

9 сентября 2017 г.

Циркулярное письмо Национального комитета по тематике российских телескопов

К использованию на 1-м телескопе Цейсс-1000 САО РАН с начала 2017 г. объявляются следующие наблюдательные методы.

Методы общего пользования:

- метод получения прямых изображений астрономических объектов в фокусе Кассегрена Цейсс-1000 в широкополосных фильтрах U, B, V, R, I с ПЗС-камерой 2048x2048 элементов;
- метод получения спектров протяженных астрономических объектов в диапазоне длин волн 360-1000 нм и средним спектральным разрешением на спектрографе с длинной щелью в фокусе Кассегрена Цейсс-1000;
- метод получения спектров астрономических объектов в диапазоне длин волн 330-1000 нм с разрешением до $R=40000$ на эшелле-спектрометре в фокусе куде Цейсс-1000;

Ниже дается краткое описание указанных приборов и методов по состоянию на начало 2017г. Дополнительную информацию можно найти на домашней странице САО <http://www.sao.ru/Doc-k8/Telescopes/bta/instrum/>

Метод получения прямых изображений астрономических объектов в фокусе Кассегрена Цейсс-1000 в широкополосных фильтрах U, B, V, R, I с ПЗС-камерой 2048x2048 элементов

ответственный за метод — А.С.Москвитин (mosk@sao.ru)

Для реализации метода используется ПЗС-фотометр, устанавливаемый в фокусе Кассегрена метрового телескопа Zeiss-1000 (f/13), предназначен для получения прямых изображений астрономических объектов в полосах системы Джонсона-Коузинса: U, B, V, Rc, Ic, а также в интегральном свете без фильтра (3600 – 10000Å).

В качестве приёмника используется ПЗС-матрица EEV 42-40 форматом 2048 x 2048 (аналогичная применяемой на приборе БТА/Scorpio). Масштаб изображения без бинирования 0".216/пиксель, что обеспечивает поле зрения 7'.3 x 7'.3. Используемые коэффициенты усиления gain (low) = 2.02 e/ADU, gain (high) = 0.50 e/ADU, шум считывания Read-out Noise = 3.3 e. (режим normal). Скорость считывания кадра без бинирования: 85 секунд; с бинированием 2 x 2: 28 с., с бинированием 4 x 4: 12 с. Так же имеется возможность использования части кадра, что уменьшает время считывания. Ввиду того, что для применяемой матрицы в красных фильтрах (Rc, Ic) характерно появление

интерференционного узора (fringes). Удаление этой компоненты подразумевает получение серии кадров с небольшими смещениями около 20". Суммарный кадр при этом будет иметь меньшую площадь, чем отдельные.

Ввиду инертности затвора экспозиции короче 10 секунд обычно не используются. Это обеспечивает уровень однородностей по полю более 99.7%. Реально используемое максимальное время отдельных экспозиций: 600 секунд (ввиду отсутствия гидирования).

Предельная звёздная величина регистрируемых объектов (проницание) в фильтре Rc за 300 секунд при качестве изображений 2": 20.3, за 3 часа суммарной экспозиции: 22.7 (seeing 1".8).

Характеристики ПЗС-фотометра телескопа Zeiss-1000:

Формат кадра CCD EEV 42-40		2048 x 2048 пикселей
Поле зрения		7'.3 x 7'.3
Масштаб (без бинирования)		0".216/пиксель
Фотометрическая система и спектральный диапазон		Широкополосные фильтры Джонсона-Коузинса U, B, V, Rc, Ic, (3600 – 10000Å)
Коэффициенты усиления:	Gain (low)	2.02 e/ADU
	Gain (high)	0.50 e/ADU
шум считывания Read-out Noise (normal)		3.3 e
Скорость считывания кадра:	Без бинирования (1 x 1)	85 секунд
	С бинированием 2 x 2	28 секунд
	С бинированием 4 x 4	12 секунд
Времена экспозиций отдельных кадров		10 – 600 секунд
Проницание:	U, 300 секунд, seeing 1".5	20.3 зв. вел.
	B, 300 секунд, seeing 2".0	21.0 зв. вел.
	V, 300 секунд, seeing 1".8	20.3 зв. вел.
	Rc, 300 секунд, seeing 2".0	20.3 зв. вел.
	Ic, 300 секунд, seeing 1".6	19.4 зв. вел.
	Rc, 3 часа, seeing 1".8	22.7 зв. вел.

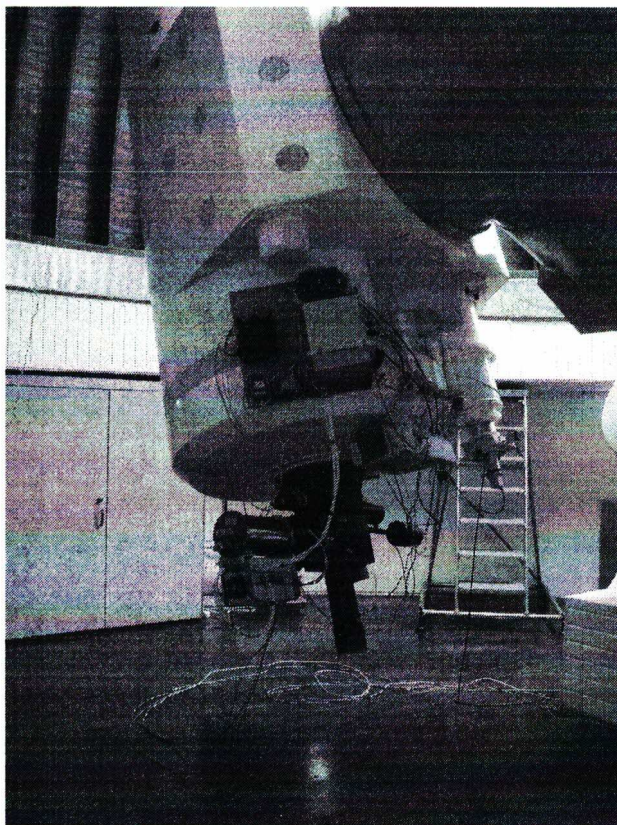
Литература:

- 1) Зиньковский В. В., Кайсин С. С., Копылов А. И., Левитан Б. И., Неизвестный С. И., Тихонов Н. А., «ПЗС-фотометр телескопа Цейсс-1000», Отчёт САО #231, 1994.
- 2) Рядченко В. П. «Разработка ПЗС-систем и их применение в фотометрических и спектроскопических исследованиях на 6-м телескопе», диссертация к.ф.-м.н., Нижний Архыз, 1992.
- 3) Афанасьев В. Л., Моисеев А. В. «Универсальный редуков светосилы Scorpio. Руководство пользователя», <https://www.sao.ru/hq/lon/SCORPIO/scorpio.html>

Метод получения спектров протяженных астрономических объектов в диапазоне длин волн 360-1000 нм и средним спектральным разрешением на спектрографе с длинной щелью в фокусе Кассегрена Цейсс-1000

ответственный за метод А.Н. Буренков (ban@sao.ru)

Для реализации метода используется Универсальный астрономический дифракционный спектрограф (UAGS) телескопа ZEISS-1000. Спектрограф является модернизированным сотрудниками обсерватории вариантом стандартного UAGS, выпускавшегося фирмой Carl Zeiss (Jena) для фотографической спектроскопии небесных объектов.



Спектрограф устанавливается в фокусе Кассегрена телескопа. Внешний вид установленного на телескоп спектрографа представлен на фото.

Для получения спектров используются дифракционные решетки R325, R400, R1302, параметры которых приведены в таблице 1.

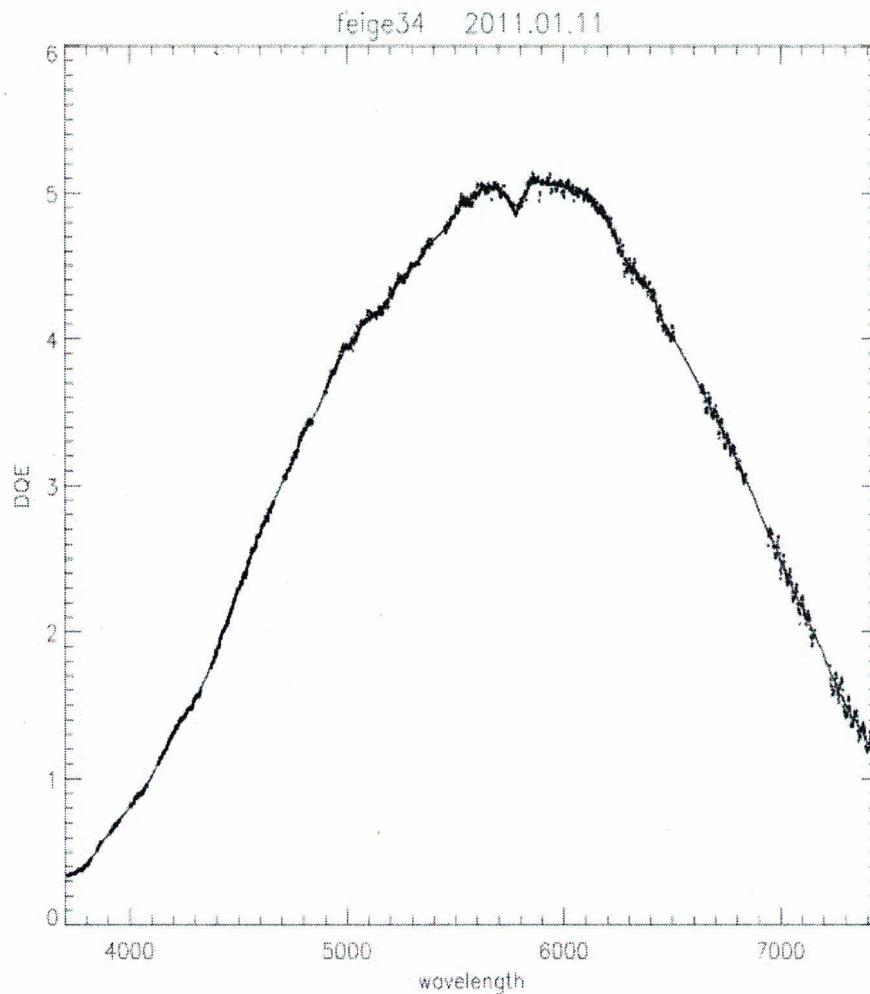
Регистрация спектра осуществляется с помощью ПЗС приемника (EEV 42-40, 2048x2048, 13.5x13.5мкм), установленного на Шмидт-Кассегрен камеру (F=150mm). Спектры получаются без бинирования в режиме (high, post), что соответствует дискретизации отсчетов 0.52e/ADU, шуму считывания около 2e и масштабу вдоль щели 1.35"/px.

Для калибровки спектра в длинах волн используется источник линейчатого спектра He+Ne+Ar.

Выставление объекта в щели спектрографа и гидирование (по офсетной звезде) осуществляется по изображению окружающего объект поля размером 5x4 угловых минут.

Название	штрих/мм	Спектр.диапазон [Å]	Дисперсия [Å/px]	Сп.разрешение [Å]
R325	325	3700-7500	2.5	7.5
R400	400	3600-8000	2.1	6.3
R1302 (fi=43d10')	1302	3880-6300	0.5	1.5
R1302 (fi=53d)	1302	5750-7050	0.7	2.1

Эффективность спектрографа с решеткой R325 приведена на рисунке (s=4", seeing=2.5", ясно!):



Литература:

- 1) Афанасьев В.Л., Буренков А.Н., Власюк В.В., Драбек С.В., "Светосильный спектрограф первичного фокуса 6-м телескопа. Руководство пользователя.", Отчет САО 234, 1995.
- 2) Афанасьев В.Л., Власюк В.В., Додонов С.Н., Драбек С.В., "Мультизрачковый спектрограф MPFS. Руководство пользователя.", Отчет САО .235, 1995.
- 3) A.I. Sharovalova, L. C. Popovic, S. Collin, A.N. Burenkov, V.H. Chavushyan, N.G. Bochkarev, Benitez, D. Dultzin-Hacyan, N.Borisov, L. Carrasco, J. Leon-Tavares, A. Mercado, J.R.Valdes, V.V. Vlasuyk, and V.E.Zhdanova "Long-term variability of the optical spectra of NGC 4151: I. Light curves and flux correlations", 2008, A&A, 486, 99-112;

Метод получения спектров астрономических объектов в диапазоне длин волн 330-1000 нм с разрешением до $R=40000$ на эшелле-спектрометре в фокусе куде Цейсс-1000

ответственный за метод — В.В.Комаров (komarov@sao.ru)

Для реализации метода используется эшелле спектрометр установленный в фокусе куде. Куде-эшелле спектрометр (CEGS) предназначен для получения спектров высокого разрешения порядка $R = 30000$ в широком спектральном диапазоне 3600-9000 А [1]. Спектрометр укомплектован анализатором циркулярной поляризации (АЦП) [2] и двумя сменными дифракционными эшелле-решётками с 75 штр/мм и 37.5 штр/мм. При проведении

спектрофотометрических исследований обычно используется схема с эшелле-решёткой 37.5 штр/мм, позволяющая регистрировать одновременно до 60-70 перекрывающихся по длинам волн эшелле-порядков, в частности, для звёзд спектрального класса A0-F0 одновременно регистрировать до 9000 А. При проведении магнитных измерений обычно используется эшелле-решётка 75 штр/мм, дающая вдвое большее угловое разведение между порядками и таким образом позволяющая проводить наблюдения с АЦП, т.е. регистрировать зеемановские спектры. При этом регистрируются одновременно до 30-35 не перекрывающихся по длинам волн порядков. Инструментальные поляризационные эффекты, возникающие при перебросе света в куде-спектрометр, исследованы в работах Бычков В.Д. и др., 1998, 2000 [3] [4]. Для обеих схем (эшелле-решётка 37.5 штр/мм и эшелле-решётка 75 штр/мм) предельная звездная величина в хорошую погоду для часовой экспозиции равна примерно 7^m .

Оптическая схема и параметры элементов фокуса куде: <http://www.sao.ru/hq/coude/cegs.htm>
Расстояние между главным параболическим зеркалом MM и вторичным гиперболическим зеркалом SM может изменяться в небольших пределах с целью фокусировки. Первое плоское 45-градусное эллиптической формы зеркало DM1 вводится в пучок и крепится там только на время наблюдений в фокусе куде. В рабочем положении зеркало DM1 неподвижно относительно зеркал MM, SM и посылает входящий световой пучок строго по оси склонений DM1-DM2. Второе плоское 45-градусное эллиптической формы зеркало DM2 постоянно находится в пучке и посылает сходящийся световой пучок строго по оси прямых восхождений DM2-F.

Дополнительные сведения о фокусе куде:

относительное отверстие фокуса Куде – 1:36; масштаб на входной щели 5.73 "/мм.

В случае поляризационных наблюдений перед щелевой частью на специальной раме устанавливается в сходящемся пучке **анализатор циркулярной поляризации (АЦП) А**. Во время наблюдений поворот входной четвертьволновой фазосдвигающей пластинки на 90 градусов может осуществляться как с помощью шагового двигателя управляемого компьютером, так и вручную, поворачивая вращающуюся оправу с помощью рычага.

Дополнительные сведения об АЦП: разведение изображений – 2.3 мм или 13.2"; рабочий интервал длин волн от 3300 до 9000 АА.

Плоское зеркало P1, переводящее пучок света в горизонтальную плоскость, наклонено относительно горизонта в сторону коллиматора на угол $111^{\circ} 49' 36''$, т.е.:
 $90^{\circ} + (43^{\circ} 39' 12'') / 2 = 111^{\circ} 49' 36''$.

Плоское зеркало P1 имеет возможность с помощью карданной передачи поворачиваться на 45 градусов вокруг наклонной оси. Зеркало имеет два фиксированных положения:

- 1) переброс света в сторону щели спектрометра;
- 2) 2) переброс света в сторону визуального подсмotra поля.

Щель спектрометра S имеет два отсчётных барабана, позволяющих регулировать ширину щели в пределах от 0 до 4 мм и длину щели в пределах от 0 до 15 мм. Величина "нормальной" щели спектрометра определялась экспериментально путем получения серии спектров рассеянного в атмосфере солнечного света с разной шириной щели. Измерения полуширины линии FWHM (Full width at half maximum; полная ширина на половине высоты) проводились в пикселях матрицы CRYOCAM по нескольким линиям и результаты затем усреднялись. Величина FWHM (полуширины линии) не меняется до ширины щели 1.07 мм, после чего увеличение ширины входной щели линейно увеличивало FWHM по зависимости: $FWHM = 4.11287 * h + 0.110368$, где полуширина линии в пикселях матрицы CRYOCAM, а h - ширина входной щели спектрометра CEGS в миллиметрах. Также предусмотрено вращение щели вокруг оптической оси. Вращение необходимо для нахождения оптимального наклона щели, т.е. такого, при которой проекция щели на дифракционную решётку должна быть перпендикулярна направлению её дисперсии.

Оптический затвор Sh имеет два режима работы – ручной и автоматический. Ручной режим используется для отладки аппаратуры, автоматический необходим во время наблюдений. Управление затвором осуществляется дистанционно контроллером ПЗС-системы.

Внеосевой коллиматор С преобразовывает расходящийся после щели пучок света в параллельный и под углом 3.3° направляет его на плоское зеркало Z_p , стоящее на вращающейся вокруг вертикальной оси платформе с прецизионным механизмом вращения. Поворотом плоского зеркала Z_p можно менять угол $C-Z_p-G$, а также, отклоняя его в вертикальной плоскости, можно регулировать вертикальное положение пучка на дифракционной решётке G .

Дифракционные решётки G37.5 и G75 предназначены для работы в высоких порядках ($N \div 50-100$). При проведении спектрофотометрических исследований обычно используется эшелле решётка 37.5 штр/мм. Она позволяет регистрировать одновременно до 60-70 перекрывающихся по длинам волн эшелле-порядков и для звёзд спектрального класса A0-F0 одновременно регистрировать излучение до 9000 Å. При проведении магнитных измерений обычно используется эшелле-решётка 75 штр/мм, дающая вдвое большее угловое разведение между порядками и таким образом позволяющая проводить наблюдения с АЦП, т.е. регистрировать зеемановские спектры. При этом регистрируются одновременно до 30-35 не перекрывающихся по длинам порядков. Данные дифракционные решётки располагаются в оправах со специальными подвижками, позволяющими перемещать решётки на направляющих. Рабочие углы $gamma$ (Z_p-G-P) для решёток различаются. Для изменения угла $gamma$ при смене решёток изготовлен специальный механизм поворота стола решёток (1) вокруг вертикальной оси. Крайние положения поворота угла решёток ограничены упорами, в которых закреплены индикаторы положения, позволяющие с высокой степенью точности выставить положение решётки по углу $gamma$. После эшелле решёток следует элемент кросс-дисперсии P , состоящий из двух 45-градусных призм, изготовленных из оптического стекла ЛК8 и смонтированных в едином блоке. Далее следует элемент CP – коррекционная пластина. Следующий элемент – плоское зеркало с центральным отверстием, которое посылает уже разложенный по порядкам пучок света на зеркало камеры Cam с фокусным расстоянием $f = 450$ мм. После зеркала камеры сходящийся пучок света проходит через центральное отверстие в плоском зеркале и попадает через оптическое окно на ПЗС-матрицу Fr . Вся ПЗС-система крепится к специальной прямоугольной платформе, имеющей юстировочные винты и микрометры-индикаторы по углам, что позволяет добиваться наилучшего совмещения плоского ПЗС-приемника с выпуклой менискообразной формой фокальной поверхности камеры.

Дополнительные сведения о спектрометре: широкощельность – 17.3; угол между нормалью к первой грани первой призмы (по направлению светового луча от решётки) и прямой, соединяющей центр первой грани первой призмы с центром решётки, равен 33° .

ЛИТЕРАТУРА

1. Мусаев Ф.А. ПАЖ, том 22, 795-800, 1996.
2. Bychkov V.D. Bull.SAO, v.63, pp.83-94, 2008 г.
3. Bychkov V.D., Romanenko V.P., Bychkova L.V. Bull.SAO, v.45, pp.110-116, 1998 г.
4. Bychkov V.D., Romanenko V.P., Bychkova L.V. Bull.SAO, v.49, pp.147-151, 2000 г.