

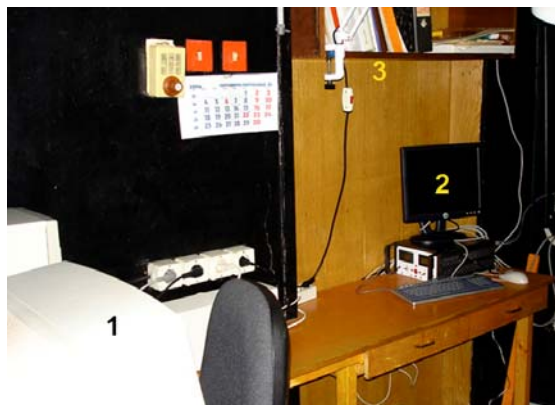
РЪКОВОДСТВО ЗА РАБОТА С КУДЕ-СПЕКТРОГРАФА НА 2-М ТЕЛЕСКОП (Част 2: Работното място)

Д. Колев

РАБОТА СЪС СПЕКТРОГРАФА ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА СПЕКТРИ

1. РАБОТНО МЯСТО В КУДЕ-СПЕКТРОГРАФА

Работното място в куде е представено на Фиг. 2.1, вляво. Управляващите компютри са 2: за камерата (1) и за фотогида (2). Инструкцията за работа с фотогида е отделна. На полицата (3) има справочни материали (инструкции, атлас на *ThAr*-лампата с кух катод за този спектрограф, списък на звезди, подходящи за "дивайдери", стандарти залъчеви скорости и др.). Ключовете за осветление на стената са както следва: реостатен за общо осветление с обикновена лампа с нажежаема жичка и 2 ключа (в червено) за луминесцентното осветление. **При реални наблюдения луминесцентното осветление трябва да бъде изключено!**

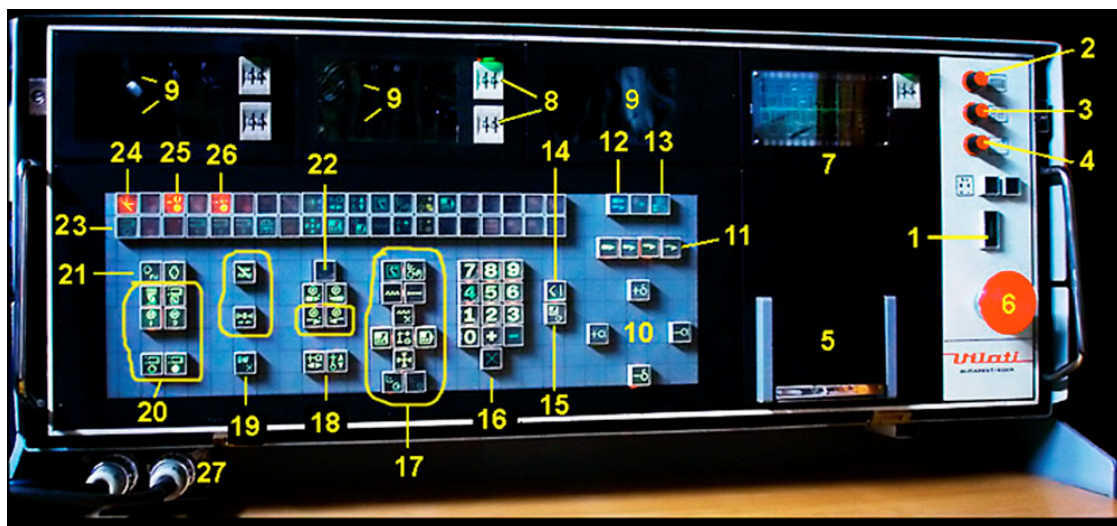


Фигура 2.1. Общ вид (вляво) на работното място в куде: 1- регистриращ компютър; 2- компютър на фотогида (има отделна инструкция за работа с тази система); 3- помощна и справочна литература. Вдясно е регистриращият компютър.

1. РАБОТА С КУДЕ-ПУЛТА И ПОСТАВЯНЕ НА ОБЕКТА

В това помещение е разположен и куде-пултът на 2-м телескоп (Фиг. 2.2) за управление на функциите на самия спектрограф и *част* от функциите за управление на самия телескоп, достъпни и от главния пулт. От съображения за техническа сигурност на телескопа, **функциите позициониране на обект и фокусиране при затворена клапа на телескопа е забранено да се задействат от този пулт.**

Тук е и шкафът за хранване на лампите за калибровка и отделния стабилизатор на лампата за регистриране на плоско поле.



Фигура 2.2. Куде-пулт на 2-м телескоп. Заградените бутони не се използват!

На Фиг. 2.2 е представен куде-пултът на 2-м телескоп. С цифри са означени:

- | | |
|--|--|
| 1 – бутон за включване/изключване | 15 – бутон за въвеждане на набрани данни |
| 2 – регулатор за осветяване на бутоните | 16 – клавиатура |
| 3 – регулатор за осветяване на дисплеите | 17 – позиционни функции (забранени) |
| 4 – регулатор на настолната лампа на пулта | 18 – бутони за ускорени/забавени движения |
| 5 – капак на настолната лампа на пулта | 19 – изключване на звуковия сигнал |
| 6 – аварийен стоп-бутон | 20 – управление на касетите (неработни) |
| 7 – технически дисплей | 21 – включване на ThAr лампата |
| 8 – избор на регистри за дисплеите | 22 – включване на фокусировката |
| 9 – цифрови дисплеи | 23 – индикации на състояния |
| 10 – бутони за движения на телескопа | 24 – индикация за положение на 5-то куде-огледало (свети ако лъчът не е към процепа!) |
| 11 – бутони за скорост на движение на телескопа | 25 – индикация за затворен процеп |
| 12 – индикация за движение на телескопа | 26 – индикация за затворена решетка |
| 13 – индикация за часово движение на телескопа | 27 – кабели за ръчните пултове |
| 14 – бутон за включване на клавиатурата | |

След включването на телескопа, в куде-пулта се подава захранване и той вече може да се включи. За да се захранят калибровъчните лампи на куде-спектрографа и индикациите за функции на решетката е необходимо да се включи шкафът до стената (Фиг. 2.3).



Фигура 2.3. Захранващ шкаф (вляво) и амперметър за тока на ЛКК (вдясно). Върху шкафа е поставен стабилизаторът за лампата за плоско поле.

Токът, протичащ в ЛКК (лампата с кух катод за калибровка по дължина на вълната) е установен на 4 mA (за да се удължи животът ѝ) **и не е желателно да се променя** (не само от съображения за удължаване живота на лампата, но и за да не се променя драстично видът на получения спектър за сравнение)! ЛКК се включва веднага след включването на пулта и шкафа (необходими са около 30 минути за да се установи стабилен режим на работа) **и не се изключва по време на наблюдение** – така се гарантира качеството на спектъра за сравнение (малката ширина на линиите)!

Преди набиране на координати на обект задължително се поставя звездното време в регистър Р-01. Това е задължение на оператора, но и наблюдателят винаги трябва да следи състоянието на Р-01, за да се избегнат аварийни ситуации с телескопа! Изборът на регистър за всеки от 4-те дисплея става чрез механичните зъбни колелца. За работата на наблюдателя в куде от значение са следните регистри:

РАБОТНИ РЕГИСТРИ ЗА ОБСЛУЖВАНЕ НАБЛЮДЕНИЯТА С КУДЕ-СПЕКТРОГРАФА:

Рег.	Значение	Рег.	Значение
01	Звездно време (s_0)	17	Показание на фокуса на телескопа
02	Часов ъгъл на телескопа (t)	04,06	Части от последния разряд на Р-03 и Р-05
03	Отработена ректасцензия (α)	27	Зададена ректасцензия (α_0)
05	Отработена деклинация (δ)	24	Зададена деклинация (δ_0)

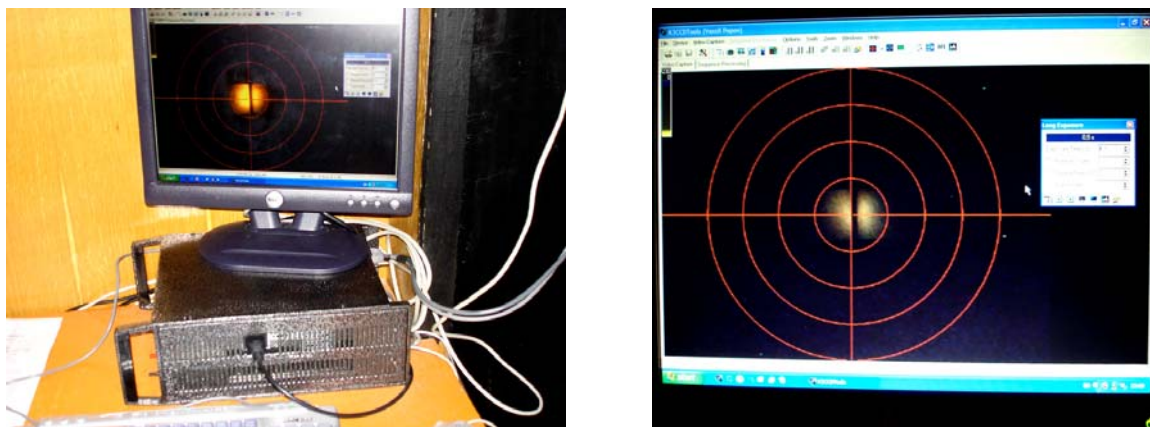
От връзката между звездното време и ректасцензията $s = t + \alpha$ следва прост **метод за текущ контрол** на звездното време: **при поставен обект, показанията на регистри Р-03 и Р-27 трябва да съвпадат** (или в края на експозицията да се отличават, вследствие на изменение на видимото положение на обекта, само с *няколко секунди*), доколкото часовият ъгъл е физически определен от посоката към обекта, а зададената стойност α_0 е константа за обекта. Разбира се, зададените координати трябва да са за епохата на наблюдение, или най-малкото средни за годината! При точно звездно време телескопът се позиционира по α с точност по-добра от 1^s – с около $5''$, но по δ показанието в Р-05 е с $1-2'$ по-малко от δ_0 за положителни деклинации и при телескоп от изток на колоната (Фиг.2.5). Добра практика е при по-дълъг период на наблюдения да се записват “телескопните” координати на обекта от нощ за нощ – при вярно звездно време това гарантира *появата на обекта* след позиционирането в 3'-ия окуляр на куде-спектрографа.

Записването на данни в регистрите става като, след включване на бутона 14 (Фиг.2.2), се записват на наборния дисплей данните последователно: час, мин, сек и номера на регистъра. Например, звездно време $s = 1^h 25^m 37^s$ ще се зададе така: 01253701; ако това е ректасцензия, ще бъдат различни само двете последни цифри: 01253727 (да се внимава първите две цифри на Р-27 да не бъдат над 23 – все пак α_0 е между 0^h и $<24^h$). Деклинацията се задава по подобен начин, в Р-24, но с една особеност: **винаги със знак, дори и да е “+”**. Така, $\delta_0 = +28^\circ 13' 37''$ ще се изпише като +28133724, а $\delta_0 = -03^\circ 45' 19''$ като -03451924. **Внимание: ректасцензията да се пише без знак, а останал знак от записана преди това деклинация да се изтрива с клавиша “X” преди въвеждане на ректасцензия!** Това е заради особеностите на вградения изчислителен модул в системата за управление, който при обратен знак в Р-27 насочва телескопа от другата страна на колоната!

След поставяне на обекта в центъра на кръста на 3'-ия окуляр на куде-спектрографа и прехвърляне на изображението към процепа, обектът ще бъде близо до процепа (но не точно върху него!) и не представлява затруднение да се постави точно. Ширината на процепа (поставя се с *долната* врътка за настройка на процепа, показана на Фиг.1.3 в Част 1 на Ръководството) зависи от желаната разделителна сила и обикновено е 0.3 мм. Това отговаря на около $0.85''$ на небето. Височината на процепа зависи от размера на звездното

изображение и се поставя така, че леко да го надминава по височина. Например, при често срещаното изображение от 3", височината на процепа ще бъде около 1 мм.

Картината на процепа се наблюдава или на монитора на системата на фотогида (Фиг. 2.4) или, при желание, непосредствено в окуляра за наблюдение на процепа, след като се свали приемникът на фотогида.



Фигура 2.4. Изображение на процепа върху екрана на фотогида. Концентричните кръгове позволяват лесна оценка на размера на звездното изображение.

След започване на експозицията индикациите на куде-пулта изглеждат така (Фиг.2.5):



Фигура 2.5. Индикации на куде-пулта по време на експозиция.

На двата леви дисплея са изведени P-03 (горе) и P-05 (долу), а на десните – зададените стойности в регистри P-27 и P-24. На десния единичен дисплей е въведена стойността за ректасцензията. Единствените червени индикации са за изключен компютър на телескопа (десният сигнал; няма отношение към куде-настройките) и за затворена касета на камера 3 (тъй като сега не се работи с фотографски плаки и касета не се отваря).

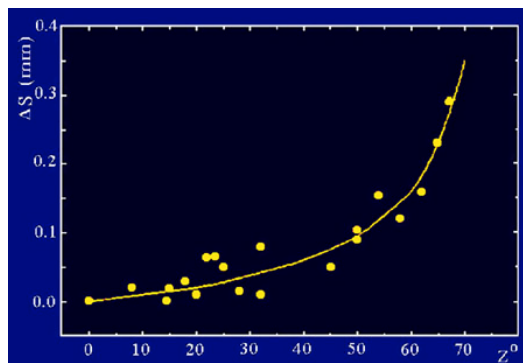
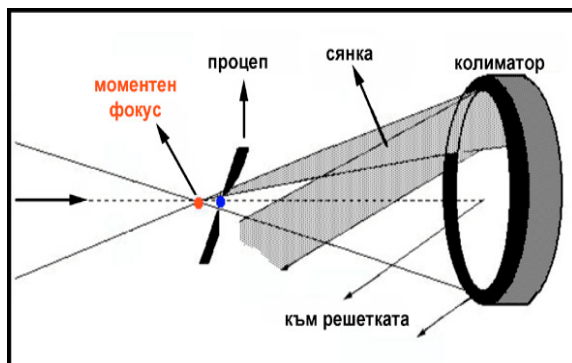
По време на експозицията се налагат следните корекции:

- 1) – по координати, според изместването на изображението от процепа;
- 2) – фокусиране при промяна на зенитното отстояние или при други атмосферни условия.

Координатните корекции е по-удобно да се извършват при натиснат *втори* *отдясно* бутон за скорост (позиция 11 на Фиг. 2.2), а фокусировката – с горния ред бутони (позиция 22 на Фиг. 2.2), тъй като “фината” настройка (долния ред) е прекалено бавна.

Точното фокусиране върху процепа е важно по следните причини. Равнината на процепа е под ъгъл 12.5°, за да се отразява образът в окуляра. Тогава, ако “моментният” фокус не съвпада с равнината на процепа (Фиг. 2.6, вляво), се получава “засенчване” на колиматора, намалява се ефективността и се измества центъра на тежестта на “звездните” спектрални линии в

сравнение с този на спектъра за сравнение, който винаги запълва еднакво колиматора. Това снижава точността на определяне на лъчевите скорости.



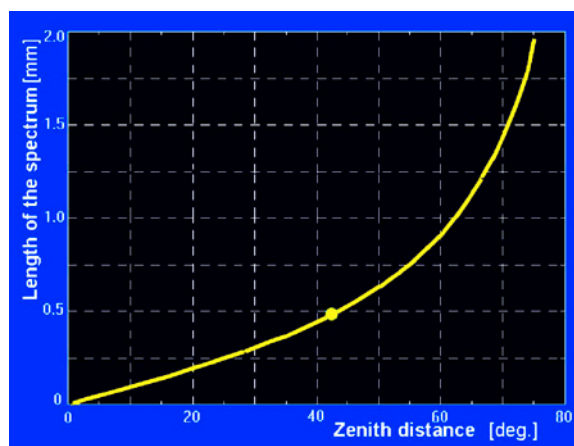
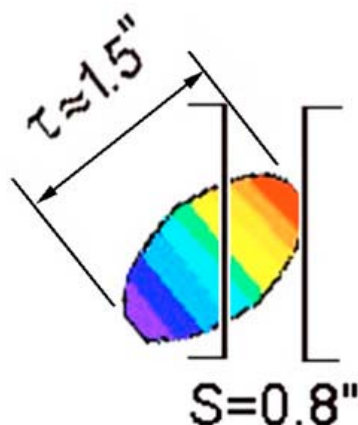
Фигура 2.6. Винетиране заради дефокусировка върху процепа (вляво) и зависимост на дефокусировката от зенитното отстояние (вдясно).

Заради голямото фокусно разстояние в куде (72 м), зависимостта на дефокусировката от зенитното отстояние е забележима (Фиг. 2.6, вдясно). Ето защо, особено при работа на големи зенитни разстояния, е необходима по-честа проверка и поправка на положението на фокуса.

И още един ефект е задължително да се отчита при получаването на спектрограмите – влиянието на атмосферната дисперсия. Известно е, че атмосферата действа като слаба призма, разтягайки звездните изображения в спектър, пропорционално на зенитното разстояние. Така две дължини на вълната в спектъра на една звезда ще се наблюдават на две различни зенитни разстояния z , като е в сила зависимостта (λ – в μ):

$$\Delta z'' \cong 0.335 [(1/\lambda_1)^2 - (1/\lambda_2)^2] \text{tg} z \cong 1.5'' \text{tg} z .$$

Атмосферният спектър е разтегнат по големия кръг, преминаващ през полюса и звездата и, следователно, по време на експозицията се върти спрямо координатните оси в неподвижното поле на куде-фокуса. Картината върху процепа в общия случай е показана на Фиг. 2.7, вляво, а вдясно е представена зависимостта на линейната му дължина в куде-фокуса на 2-м телескоп на НАО в зависимост от зенитното разстояние. Точката е за екваториална звезда в меридиана.



Фигура 2.7. Атмосферен спектър на звезда върху процепа (вляво) и зависимост на дължината му в куде-фокуса на 2-м телескоп на НАО в зависимост от зенитното разстояние (вдясно). Точката показва големината на този спектър за екваториална звезда в меридиана.

Очевидно е, че резултатът от наблюдението ще зависи от положението на снимания участък от спектъра върху процепа: ако наблюдаваме в червения участък, а върху процепа в по-голямата част от времето стои синия, то резултантната спектрограма ще бъде с много

по-нисък сигнал от възможния! По принцип, този вреден ефект може да се избегне ако се използва деротаторът на куде-спектрографа, за да се постави атмосферния спектър по дължината на процепа, но заради големите загуби на светлина в деротатора (50%!) той е изключен от употреба. Атмосферната дисперсия води до още един ефект – различен надлъжен профил на звездния спектър в различните редове на детектора. Това не се отразява на измерваните радиални скорости и на *относителната* спектрофотометрия с куде-спектрографа.

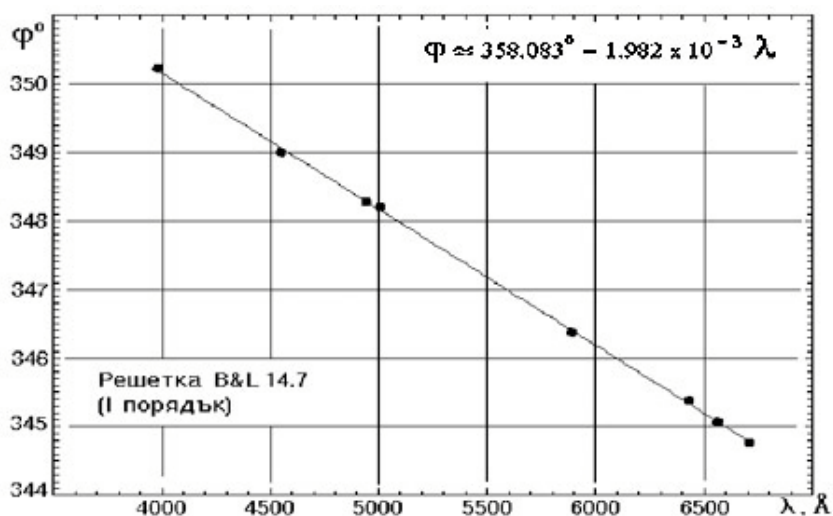
2. ИЗБОР НА ЪГЪЛА НА РЕШЕТКАТА И ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА РАБОТА ЗА РЕАЛИЗИРАНЕ НА НАБЛЮДАТЕЛНАТА СЕРИЯ ЗА НОЩТА

Потребителите на куде-спектрографа си създават собствена директория на диска и съответни бази данни (БД), включително и БД за работните ъгли. По принцип, определянето на нужния ъгъл става на основата на следните съображения:

1 – искана разделителна сила;

2 – достъпност на спектралния участък с дадена решетка в даден порядък.

Сред документацията в куде има номограма и формули за определяне на ъгъла за две решетки: BL632/14.7° за I и II порядъци. Трябва да се знае следното. Не е възможно абсолютно еднакво монтиране на CCD-камерата на монтажната релса след всяко сваляне (например, за вакуумиране), но опитът показва, че разликите са в границите на 2-5', което лесно се отчита. Зависимостите се запазват същите, само леко се променя началната константа. На следващата фигура е дадена зависимост за решетката BL632/14.7° за I-ви порядък.



Фигура 2.8. Зависимост на ъгъла за първия порядък на решетката Baush&Lomb, 632 mm⁻¹, 14.7° в участъка 4000 – 6700 Å.

Практически линейната зависимост улеснява оценката на необходимия ъгъл за непознат участък, а евентуалните поправки към по-рано определени ъгли са адитивни. За тази решетка в I-ви порядък линията H α е в центъра на полето при ъгли 345° 03' – 345° 05'.

Последователността в работата със спектрографа за получаване на спектрограма е следната:

1. Преди започване на серията за нощта се снимат 5-10 кадри "bias".
2. Настройват се параметрите на програмата "4A" за конкретния случай.
3. След позициониране на програмния обект той се поставя в центъра на окуляра на полето и се фокусира с движение на вторичното огледало на телескопа.
4. Ако е необходимо, се поставя ъгъл на деротатора така, че екуatorialните координатни оси да са в исканото положение относно процепа.

5. Образът се прехвърля върху процепа (който предварително е фокусиран чрез окуляра за наблюдение на процепа!) и отново се фокусира чрез вторичното огледало на телескопа. Поставя се нужната височина на процепа така, че цялото изображение на звездата да попада в него; ширината на процепа се избира от известните вече съображения за спектрално разделение и светлинна ефективност.

6. Експонира се звездния спектър толкова пъти, колкото е нужно; свива се процепът по височина и се снима спектър за сравнение (CS); разтваря се процепът по височина, затваря се щората на лампата за CS, поставя се лампата за плоско поле и се сема плоско поле. Ако при един и същи ъгъл на решетката се снимат повече обекти, плоско поле и CS се правят общо за всички в началото и/или края на серията.

7. В края на нощта се прави още една серия "bias". Ако започне затопляне на матрицата, а няма азот за доливане, кадър с се прави "bias" след всяка експозиция на звезда, докато температурата стигне около -60°C , след което повече не е целесъобразно да се продължава.

8. След това или в подходящо дневно време се извежда дневникът на наблюденията, оформят се файловете (например, променят се хедърите в IRAF-формат) и се записват в текущия архив на наблюденията в куде, който се натрупва на диск "D" (периодично операторът на смяна прехвърля архива на CD).

През време на експозиция механичната щора на ЛКК е затворена (спусната надолу). Повдига се само за получаване на спектъра за сравнение. Свиването на процепа до минимална височина в този случай е за да се минимизира влиянието на кривината на спектралните линии, проявяваща се при по-раздалечени спектри за сравнение. За нашия спектрограф тази кривина е пренебрежимо малка, но все пак се спазва този ред.

