

IRAF/LONGSLIT FUCKUAL

Версия 1.0

24/02/2014

Руководство подразумевает, что Вы уже знакомы с основными функциями IRAF, изложенными в документе <http://astro.ins.urfu.ru/sites/default/files/apphot-fuckual.pdf> и пользуетесь предварительными настройками (содержимое папки UPARM) из дистрибутива расположенного по адресу <http://astro.ins.urfu.ru/dataproc/iraf>

Много полезного можно подсмотреть вот здесь: <http://www.youtube.com/user/SmartCookiev1>

Содержание

Содержание	2
Первоначальная калибровка кадров.....	3
1.1 Коррекция темнового тока для списка кадров	3
1.2 Коррекция освещенности вдоль щели для кадра плоского поля	3
1.3 Коррекция макровариаций вдоль дисперсии для кадра плоского поля	3
1.4 Коррекция плоского поля для списка кадров	4
1.5 Удаление следов космических частиц	4
1.6 Дополнительная коррекция кадров со спектрами.....	4
Определение дисперсионной функции.....	5
2.1 Идентификация линий в спектре калибровочной лампы	5
2.2 Исправление геометрических искажений и шкала длин волн	6
Спектрофотометрическая калибровка.....	10
3.1 Экстракция одномерного спектра	10
3.1.1 Определение параметров спектра с помощью imexamine	10
3.1.2 Экстракция одномерного спектра	10
3.2 Спектрофотометрическая калибровка.....	11
Удаление фона неба	13

Первоначальная калибровка кадров

Предполагается, что уже созданы кадры суперфлэт и супердарк с соответствующей экспозицией. Если коррекция темнового тока такая же, как и в случае фотометрии, то коррекция плоского поля существенно отличается. Различие методики обусловлено тем, что источник плоского поля имеет отличную от звезд температуру, а оптический тракт калибровок освещает щель не так же, как это делает источник, находящийся на «бесконечном» удалении. Чтобы исключить эти явления из кадра плоского поля удаляются макровариации освещенности, вызванные спектральным распределением энергии в излучении лампы плоского поля и неравномерностью освещенности вдоль щели.

Большая часть работы будет выполняться в пакете `noao.twodspec.longslit`. Отредактируйте параметры пакета:

```
longslit> epar longslit
```

Прежде всего, направление дисперсионной оси и положение обсерватории.

1.1 Коррекция темнового тока для списка кадров

Предполагается, что уже созданы кадры суперфлэт и супердарк с соответствующей экспозицией. Создаем список кадров с одинаковой экспозицией:

```
ec1> hselect *.fit $I '@"EXPTIME"==360' > exp_360
```

В текстовом редакторе правим имена файлов в списке `exp_360` и создаем список `@exp_360_clear`. Вычитаем супердарк из всех файлов в списке `exp_360` и сохраняем их с именами из списка `@exp_360_clear`

```
ec1> imarith @filelist - sdark @clear
```

1.2 Коррекция освещенности вдоль щели для кадра плоского поля

Освещенность щели поперек дисперсии меняется. Причем для кадров «неба» и плоского поля это изменение разное и обусловлено несовершенством оптики тракта калибровок. Для исправления этого недостатка используется функция `noao.twodspec.longslit.illumination`. Для коррекции суперфлэта: входной файл – суперфлэт (`sflat.fit`), выходной файл (`illum.fit`) – нормализованные вариации освещенности поперек дисперсии. Рекомендуется использовать несколько бинов (диапазонов) вдоль дисперсии и запускать функцию в интерактивном режиме!

```
ec1> illumination sflat.fit illum.fit
```

Далее делим суперфлэт на полученный файл.

```
ec1> imarith sflat.fit / illum.fit sflat_illum.fit
```

1.3 Коррекция макровариаций вдоль дисперсии для кадра плоского поля

Следующим шагом получаем нормализованное плоское поле, очищенное от макровариаций вдоль дисперсии вызванных спектральным составом излучения лампы плоского поля,

пропуская оптику спектрографа и спектральной чувствительностью ПЗС. Для этого используем функцию `noao.twospec.longslit.response`. Входные файлы функции – суперфлэты исправленные за неравномерность освещенности щели поперек дисперсии, выходной файл – нормализованные микроравариации чувствительности ПЗС.

```
ec1> response sflat_illum.fit sflat_illum.fit response.fit
```

Пример разреза файла `response.fit` вдоль дисперсии на картинке 1.

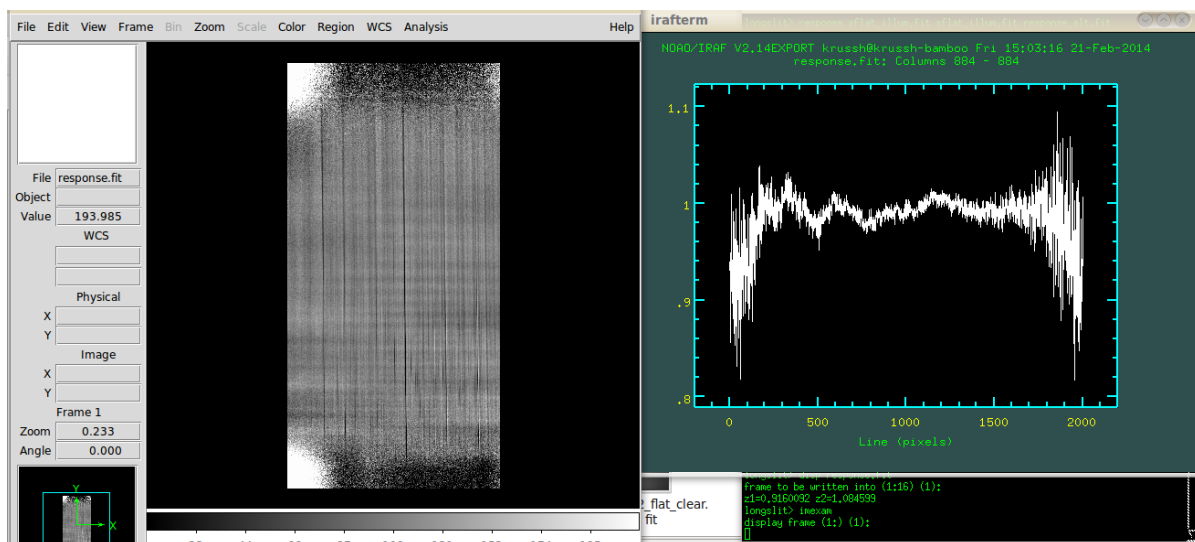


Рисунок 1.

1.4 Коррекция плоского поля для списка кадров

Следующим шагом создаем в текстовом редакторе список имен для скорректированных за плоское поле файлов с изображениями объектов и делим все кадры с объектами на плоское поле (`response.fit`).

```
ec1> imarith @exp_360_clear / response.fit @exp_360_clear_flat
```

1.5 Удаление следов космических частиц

Далее удаляем следы космических частиц. Загружаем пакет `noao.imred.crutil` и используем функции `cosmicrays`, `crmedian`, `crnebula` или другие. Функция `cosmicrays` позволяет работать со списками файлов. Опять же создаем список с именами очищенных изображений (`@exp_360_cr`). Проверяем параметры функции, обработав один из файлов, и запускаем ее в не интерактивном режиме.

```
crutil> cosmicrays @exp_360_clear_flat @exp_360_cr
```

1.6 Дополнительная коррекция кадров со спектрами

Если при наблюдениях были получены кадры со спектрами рассеянного света неба, то можно воспользоваться ими для коррекции освещенности вдоль щели. Для этого применяем уже известную нам функцию `noao.twospec.longslit.illumination`. Создаем файл описывающий изменение освещенности вдоль щели и делим изображения на него.

Определение дисперсионной функции

Следующий этап обработки – калибровка шкалы длин волн. Вся процедура определения дисперсионной функции выполняется из предположения, что спектрограф не испытывал механических деформаций между получением спектра объекта и спектра калибровочной He-Ne-Ar лампы. Для работы используем пакет noao.twodspec.longslit.

2.1 Идентификация линий в спектре калибровочной лампы

С помощью функции identify определяем длины волн для спектра калибровочной лампы. Для этого нам понадобится атлас линий калибровочной лампы.

```
longslit> identify thar.fit
```

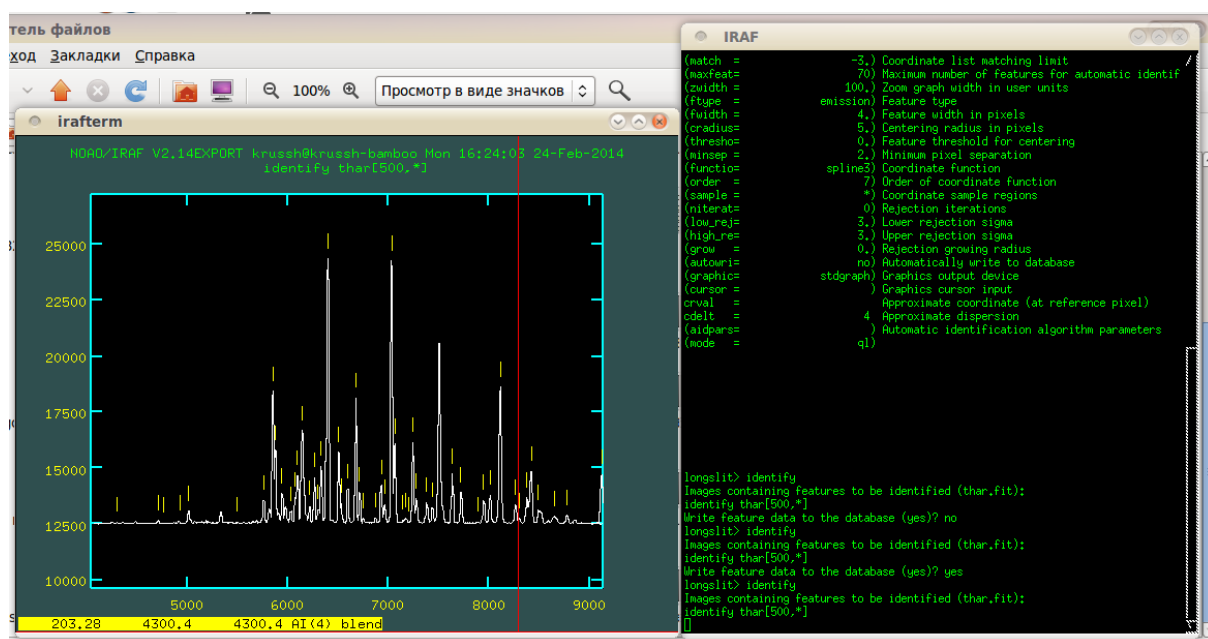


Рисунок 2.

В открывшемся окне irafterm должно быть видно сечение кадра калибровочного спектра вдоль дисперсии (рис. 2). Подсказки и список активных клавиш доступен после нажатия [shift]+[?]. Прежде всего нам нужны клавиши:

[w] – включение режима window (приближение части спектра). Если после этого установить курсор в левый нижний угол области интереса и нажать [e], переместить курсор в правый верхний угол области интереса и повторно нажать [e], то выделенная область будет увеличена до размеров окна irafterm. Возврат к изначальному масштабу – последовательное нажатие клавиш [w] и [a].

[m] – установка маркера на идентифицированную деталь спектра. Потребуется ввести длину волны линии.

[f] – анализ результатов фитирования дисперсионной функции. В режиме анализа дисперсионной функции работают клавиши [h], [j], [k], [l]. Возврат к режиму идентификации линий – [q].

[l] – автоматический поиск и идентификация деталей в спектре. Для правильной работы в параметрах функции identify следует указать список линий.

[d] – удаление неверно отмеченных деталей. Клавиша работает как в режиме поиска, так и в режиме фитирования. Сочетание [a]+[d] удаляет все отметки.

[c] – центрирование положения линии. Сочетание [a]+[c] центрирует все отмеченные линии.

Наводимся курсором на отождествленную линию и используем клавишу [m], вводим длину волны. Отметив в спектре 5-10 деталей, нажимаем клавишу [f] и анализируем результат (рис. 3). Тип фитирующей функции и ее порядок можно изменить, набрав в окне irafterm соответствующую команду:

:func chebyshev – вид функции: chebyshev, legendre, spline1, spline3

:order 8 – порядок функции

Для повторного фитирования нажмите [f]. Фитирующая функция должна быть монотонная. Рекомендую использовать полиномы Чебышева или Лежандра, в дальнейшем это упростит работу с функцией reidentify. Контролировать монотонность можно перейдя в режим фитирования, отображение в координатах X-Y, режим window, панорама: [f]-[h]-[w]-[p].

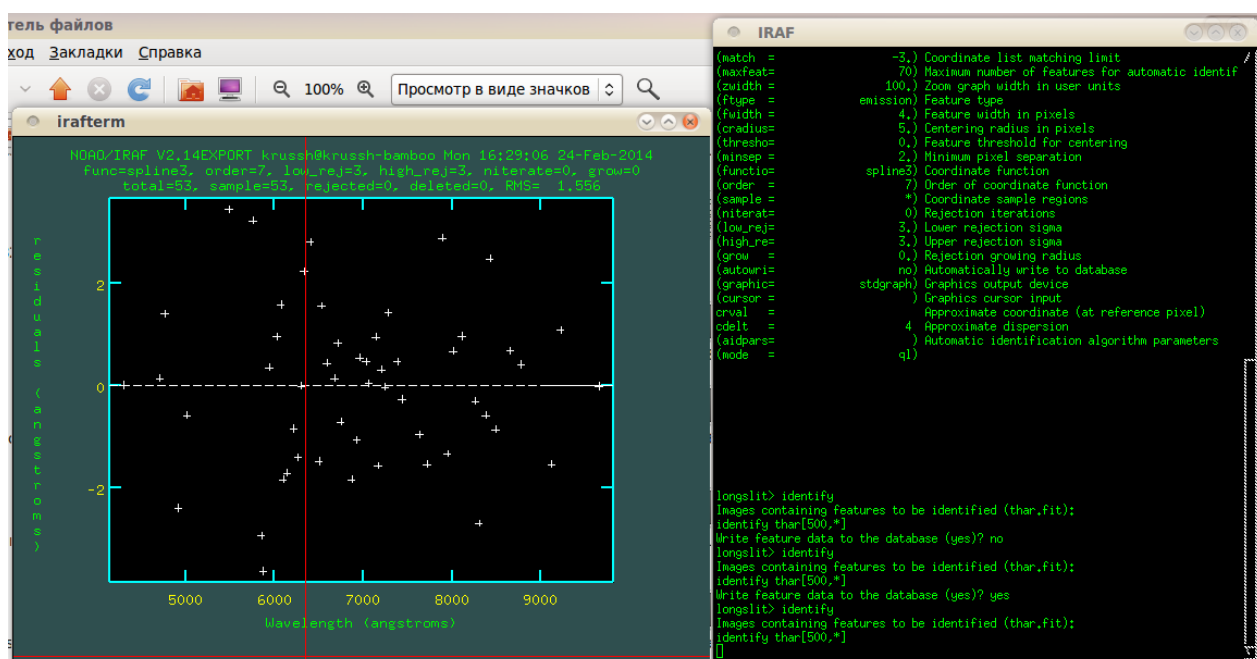


Рисунок 3.

Если предварительный результат признан удовлетворительным, то можно вернуться в режим поиска линий клавишей [q] и попробовать автоматическую идентификацию деталей спектра – нажмите клавишу [I].

Если результаты построения дисперсионной кривой признаны удовлетворительными или вам надоело, то в режиме идентификации линий нажмите [q] и запишите результаты работы в файл database.

2.2 Исправление геометрических искажений и шкала длин волн

Изображение щели на кадрах искривлено. Для исправления этого необходимо идентифицировать линии калибровочной лампы не только вблизи центральной колонки кадра, но и по всему кадру. Прежде, чем переходить к работе, зайдите в папку database в рабочей директории и сделайте копию файла idname (в моем случае это idthar). Дальнейшая работа может его несколько испортить и если результат будет неудовлетворителен, то нам не придется создавать его заново.

Воспользуемся функцией `reidentify`.

```
longslit> reidentify thar.fit
```

Обратите на параметр `threshold`, он определяет уровень освещенности над фоном, выше которого функция ищет спектральные линии. Запускать функцию можно в не интерактивном режиме и следить за сообщениями в терминале. В случае интерактивного использования – горячие клавиши такие же, как и в функции `identify`.

Следующий этап – поиск аналитической функции связывающей X-Y координаты изображения со шкалой длин волн и расстоянием вдоль щели. Используем функцию `fitscoord`:

```
longslit> fitscoord thar.fit
```

На осях `irafterm` могут отображаться координаты x , y , z – изначальные пользовательские координаты (обычно это длина волны), s – фитированные пользовательские координаты, r – разница z - s . Выбор осуществляется последовательным нажатием клавиши `[x]` или `[y]` и соответствующей клавиши `[x]`, `[y]`, `[z]`, `[s]`, `[r]`. Для понимания работы функции рекомендую вначале использовать отображение X-Y, см. рис 4.

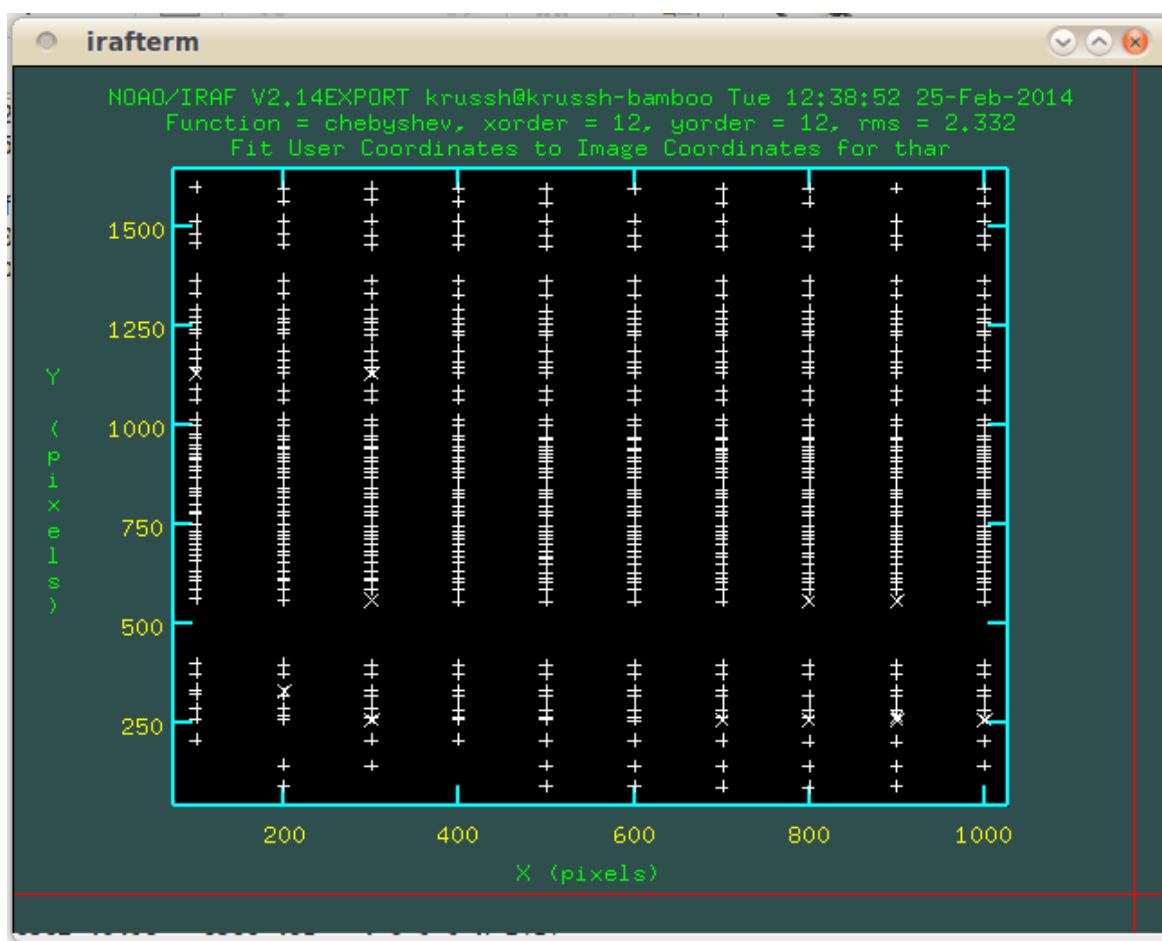


Рисунок 4.

Крестики обозначают положение деталей спектра, обнаруженных функцией `reidentify`. Можно приблизить отдельные части изображения, используя уже знакомое нам сочетание `[w]-[e]-[e]`, вернуться к полному изображению: `[w]-[a]`.

Изменив ось Y на отображение разности между истинными и фитированными значениями (`[y]-[r]-[f]`), можно увидеть сильно отклоняющиеся точки, см. рис. 5. Удалить их можно установив на них курсор и последовательно нажимая клавиши `[d]-[p]`. Можно удалить группы точек имеющих близкие координаты x,y или z.

В направлении дисперсии желательно использовать такие же функцию и порядок, что и в функции `identify`, в направлении поперк дисперсии порядок функции должен быть невелик. Контролировать координаты углов можно набрав в `irafterm`

```
:corners
```

Если результат удовлетворителен, то нажимаем `[q]`, соглашаемся на запись в database и выходим из функции.

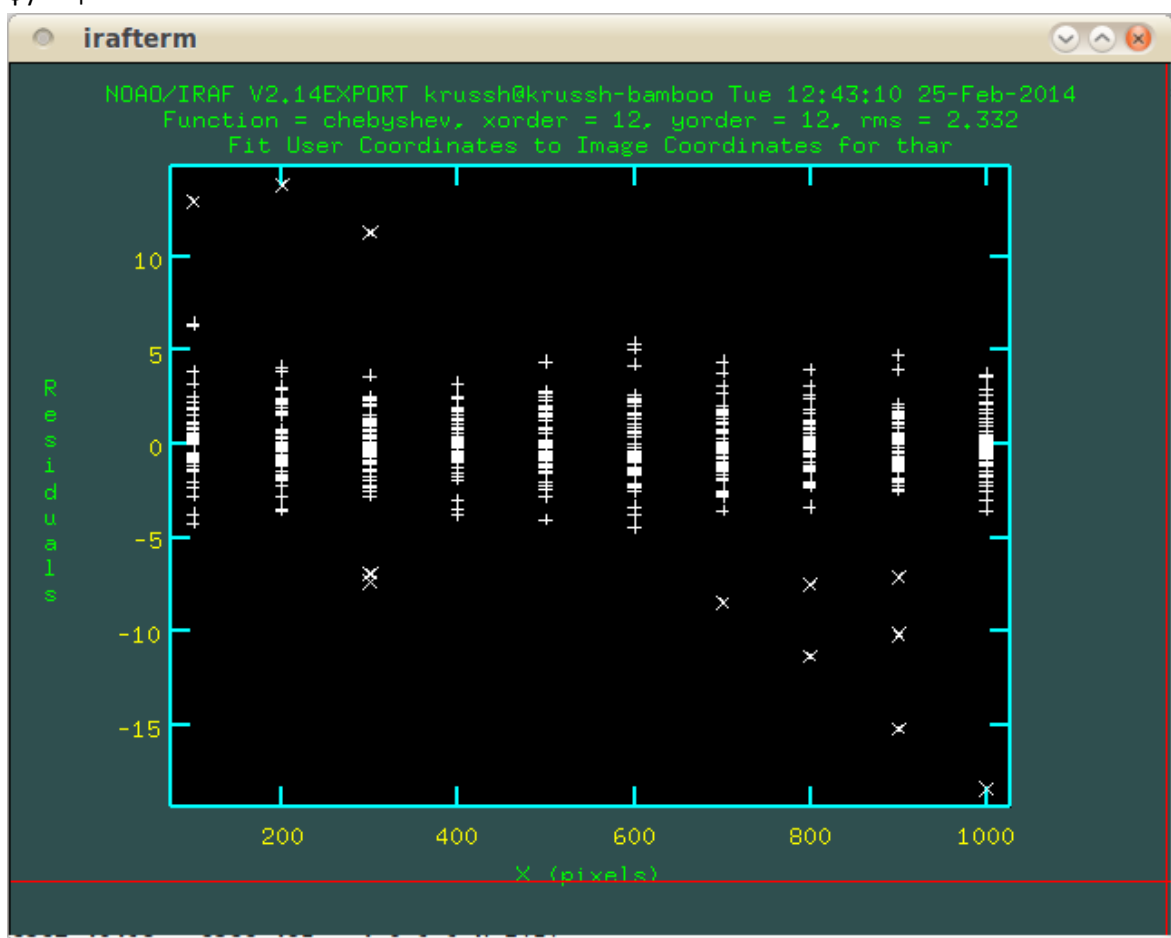


Рисунок 5.

Далее трансформируем исходное изображение функцией `transform`, но проверьте параметры и установите `flux=no`.

```
longslit> transform thar.fit thar_tr.fit
```

Проверяем результат в `ds9`. Если результат нас не удовлетворил, то необходимо удалить из папки `database` записи о функции трансформации (`fname`) и повторить выполнение `fitscoords` и `transform`. Возможно, ошибка была допущена ранее, на этапе выполнения `reidentify`, в этом случае необходимо удалить запись `idname` и повторить все операции от функции `reidentify` используя копию `idname`. Примеры не исправленного и исправленного кадра на картинке 6.

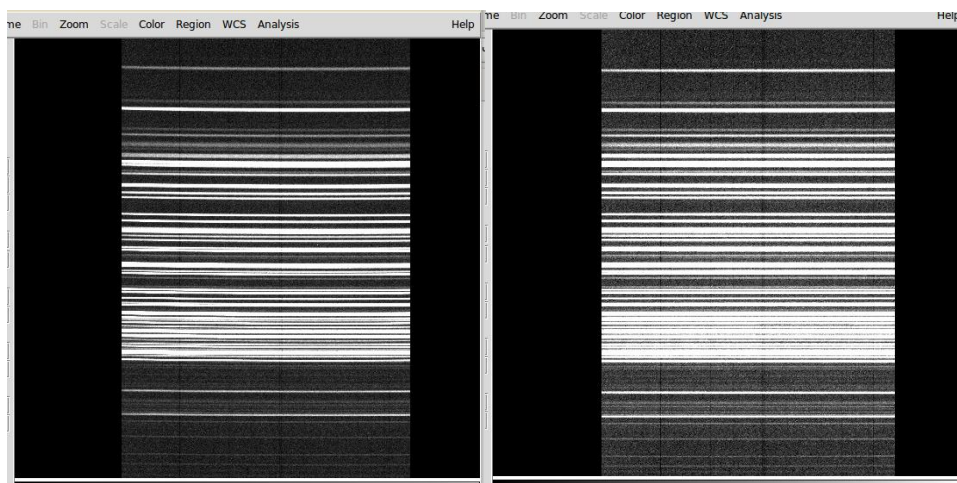


Рисунок 6.

Еще одна особенность исправленного кадра скрыта в его заголовке, см. рис. 7. Параметры STYPE1 и STYPE2 говорят о линейной дисперсионной функции (собственно только STYPE2, первый параметр всего лишь значение X). Значение параметра CRVAL2 сообщает о длине волны для первого пикселя изображения, CDELTA2 – приращение длины волны при переходе к следующему пикселю (Ангстрем/пиксель). Теперь каждому пикселю в изображении спектра сопоставлена длина волны.

```

DCLOG1 = 'Transform'
DISPAXIS=          2
DC-FLAG =          0
WCSDIM  =          2
CTYPE1  = 'LINEAR '
CTYPE2  = 'LINEAR '
CRVAL1  =          1.
CRVAL2  = 3526.8994140625
CRPIX1  =          1.
CRPIX2  =          1.
CDELTA1 =          1.
CDELTA2 = 3.93419647216797
CD1_1   =          1.
CD2_2   = 3.93419647216797
LTM1_1  =          1.
LTM2_2  =          1.
WAT0_001= 'system=world'
WAT1_001= 'wtype=linear'
WAT2_001= 'wtype=linear label=Wavelength units=angstroms'
longslit>

```

Рисунок 7.

Следующим этапом надо применить найденные трансформации ко всем изображениям со спектрами. В текстовом редакторе создаем список с именами выходных файлов exp_360_tr и запускаем потоковую обработку.

```
longslit> transform @exp360_cr @exp_360_tr
```

Теперь все наши спектры имеют калибровку по длинам волн. Трансформация не зависит от экспозиции, ее можно применить и для кадров с другой экспозицией, главное условие – отсутствие механических деформаций спектрографа между получением спектра калибровочной лампы и всеми калибруемыми спектрами.

Спектрофотометрическая калибровка

Калибровка по потоку возможна, только если во время наблюдений были получены спектры спектрофотометрических стандартов. Более того, стандарты необходимо снимать на том же зенитном расстоянии и при том же поглощении в атмосфере, что сложно для равнинных обсерваторий вроде Коуровки.

Список стандартных звезд IRAF можно получить по команде:

```
onedspec> page onedstds$README
```

3.1 Экстракция одномерного спектра

Для спектрофотометрической калибровки необходимо экстрагировать спектр стандартной звезды. Эта процедура общая для всех случаев, когда нам нужно преобразовать двумерный спектр в одномерный.

3.1.1 Определение параметров спектра с помощью `imexamine`

Прежде всего, следует определить ширину области экстракции спектра. Открываем DS9 и загружаем в него спектр. Для анализа воспользуемся функцией `imexamine`. Для построения горизонтального разреза пользуемся клавишей [j], вертикального – [k]. FWHM спектра поперек дисперсии отображаются в окне `irafterm`.

Отредактировать ширину отображаемой области можно вызвав скрытые параметры `imexamine`. Например, редактируем ширину горизонтального разреза:

```
активное окно с изображением, нажимаем последовательно [j] – [shift]+[:], в строке
irafterm появляется двоеточие;
активное окно irafterm, набираем команду eparam – [enter], в терминале IRAF появляется
меню параметров, редактируем параметры width и rplot, сохраняем результат [ctrl]+[d].
```

Для максимального отношения С/Ш экстрагированного спектра ширину апертуры следует брать около $1.5 \cdot \text{FWHM}$.

3.1.2 Экстракция одномерного спектра

Воспользуемся пакетом `noao.twodspec.apextract`. Проверим и отредактируем параметры пакета (следует указать ориентацию дисперсии) и параметры функции `apall`. Запускаем `apall`:

```
apextract> apall name.fit
```

Изменить параметры апертуры можно:

```
удалить апертуру – [d]
установить центрированную апертуру – [m]
установить нецентрированную апертуру – [n]
центрировать апертуру – [c]
установить нижний предел – клавишей [l] или командой :lower
установить верхний предел – клавишей [u] или командой :upper
```

Для редактирования области экстракции фона нажмите [b].

```
удалить область оценки фона – [z]
установить границы области оценки фона [s] – [s]
фитировать фон – [f]
вернуться к редактированию апертур – [q]
```

После завершения редактирования апертур и фона нажимаем [q] и переходим к определению траектории, по которой будет проведена экстракция спектра. Редактируем вид и порядок функции, нажимаем [q] для перехода к следующему шагу. Сохраняем параметры апертуры в database и экстрагируем спектр.

3.2 Спектрофотометрическая калибровка

Используем функцию standard пакета noao.onedspec. Редактируем параметры функции. Часто возникает ошибка доступа к файлам, поэтому особенно внимательно смотрим на пути:

вид пути к файлу экстинкции: (extinct = onedstds\$ctioextinct.dat)

вид пути к файлу стандартов: (caldir = onedstds\$bstdscal/)

положение обсерватории: (observa = obspars)

Запускаем функцию:

```
onedspec> standard name.fit
```

Редактируем при необходимости полосы сравнения:

удаление области – [d]

добавление области – [a]-[a]

выход из функции – [q].

Выходной файл (пусть это будет standard_out) содержит центральную длину волны для полос, поток в полосе от стандартной звезды в эргах, ширину полосы, поток в ADU. Эти данные позволяют построить кривую чувствительности с использованием функции sensfunc.

```
onedspec> sensfunc standard_out.fit
```

Уже известными нам командами меняем вид и порядок аппроксимирующей функции, удаляем точки клавишами [d]-[w], делаем рефитирование данных клавишей [g].

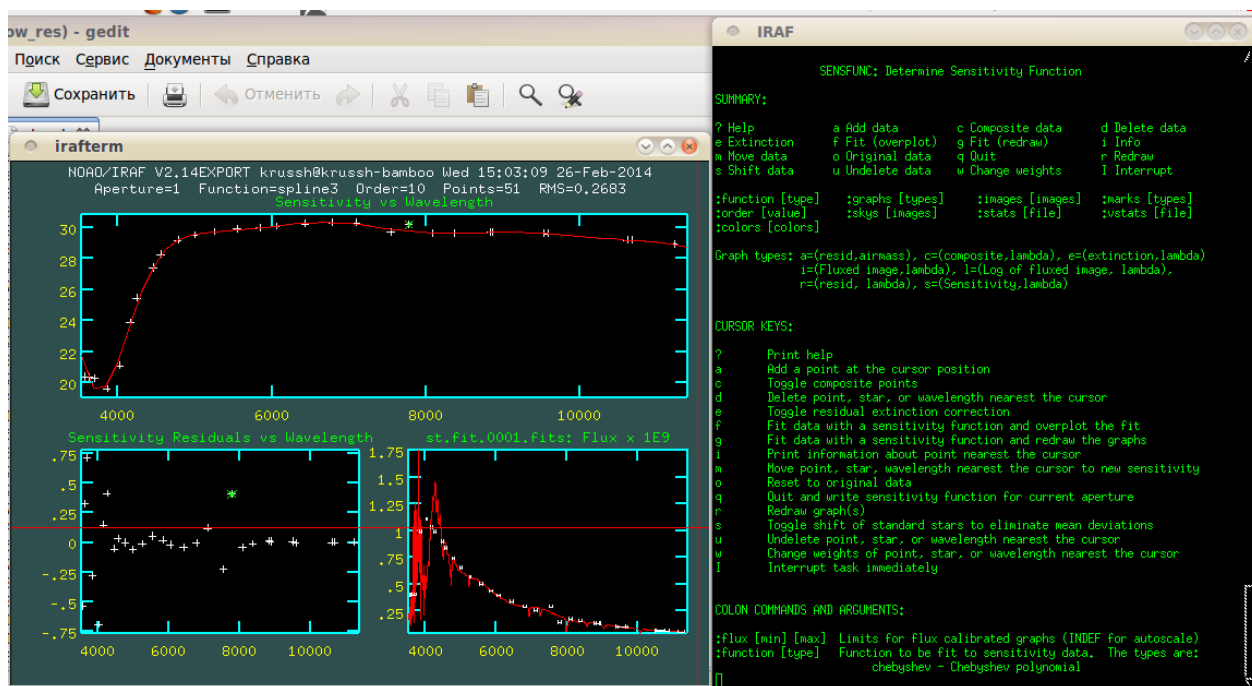


Рисунок 8.

Для этой функции можно использовать многооконный режим `irafterm` (см. рис. 8), наберите команду `:graphs` и перечислите желаемые окна, например:

```
:graphs s,r,i
```

Варианты графиков в описании функции (`[shift]+[?]`).

Функция `sensfunc` создает `fits`-файл в котором содержится информация о зависимости чувствительности от длины волны. Этот файл будет использован для спектрофотометрической калибровки. Калибровать можно как уже экстрагированные одномерные спектры, так и двумерные. Для калибровки необходимо воспользоваться функцией `calibrate` пакета `onedspec` или `twospec.longslit`. Опять же проверьте параметры функции, аргумент `extinction` не является обязательным, если аргументы `airmass` и `exptime` не будут найдены в заголовке файла, то потребуется их ввести и они будут добавлены в заголовки входного и выходного файла. Пример файла без калибровки и с калибровкой на рис. 9.

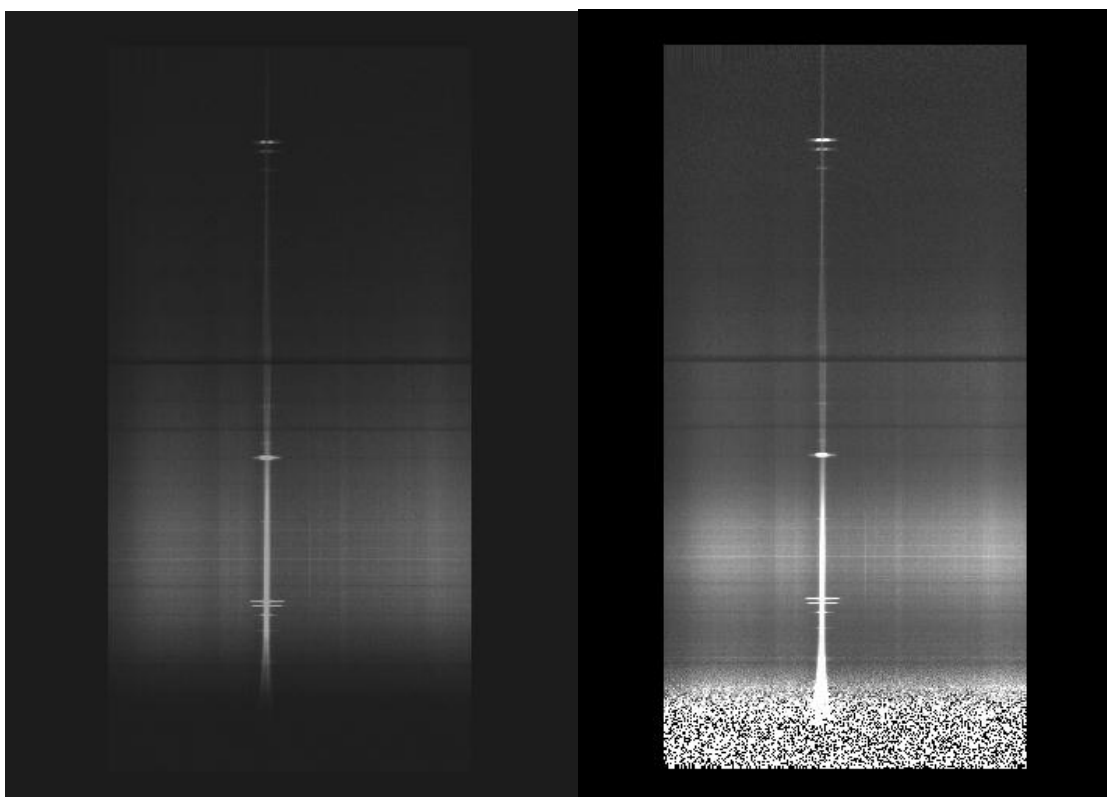


Рисунок 9.

Удаление фона неба

Для удаления фона неба используется функция `background` пакета `noao.twodspec.longslit`. В параметрах функции следует указать параметр `axis = 1` для вертикальной оси дисперсии или `axis=2` для горизонтального спектра. При запуске функция спросит, для какой строки (колонки) произвести фитирование.

Активные клавиши в подсказке – `[shift]+[?]`. Диапазон данных для аппроксимации изменяется командой `:sample`. Например, задаем диапазон для спектров, лежащих между 300 – 400 и 550-700 колонками (строками):

```
:sample 1:300, 400:550, 700:1000
```

Порядок и тип аппроксимирующей функции меняется уже известным способом. После нажатия клавиши `[q]` функция попросит ввести номер еще одной строки (колонки) и т.д. Если не вводить номер, а нажать `[enter]`, то функция сохранит результат и завершит работу. Пример спектра с удаленным фоном неба на рис. 10.

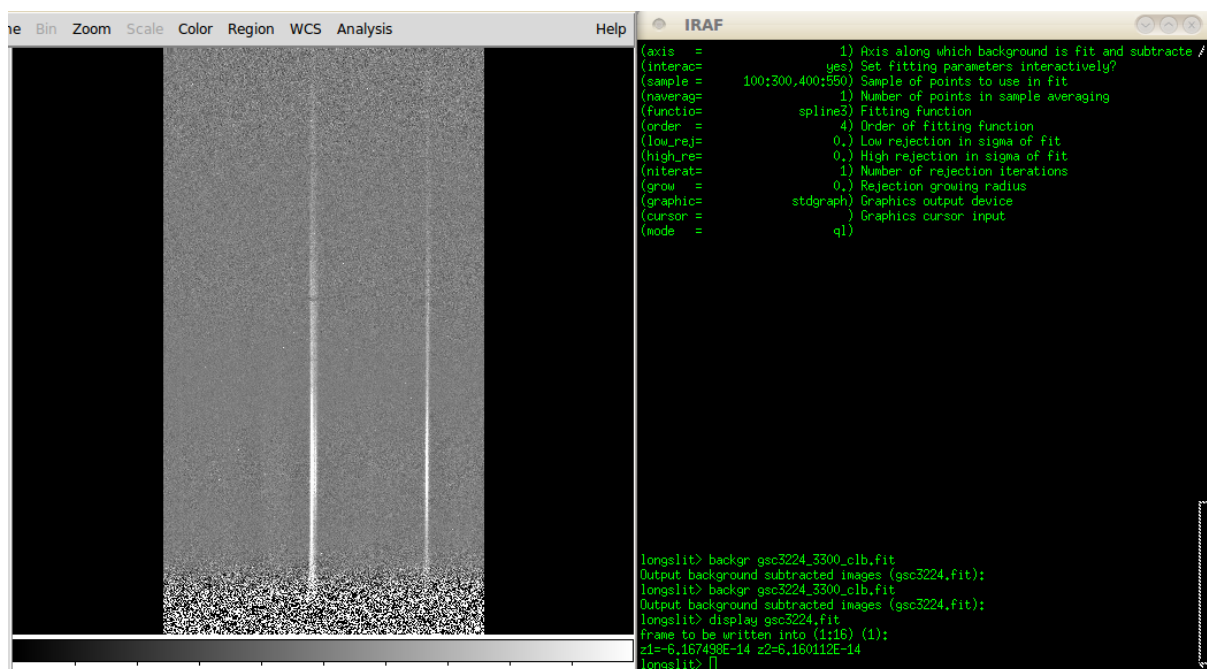


Рисунок 10.