

Redukcja danych ze spektrografu 10C z kamerą SBIG

Wersja 2, styczeń 2018

W każdym momencie gdy pracujemy w okienku graficznym IRAFa (dopasowanie funkcji, wybór apertur, wyrysowywanie widma) możemy zrobić zrzut wykresu do pliku eps wpisując `”:snap eps”`. Wykresy z poszczególnych etapów redukcji będą mile widziane w sprawozdaniu ;)

1 Tworzenie list plików

Przykład dla plików dark:

```
ls dark*.fits > dark.lst
```

UWAGA! Należy pamiętać, że w przypadku danych z kamery SBIG przy redukcji używamy plików dark z takim samym czasem naświetlania jak redukowane zdjęcie. Należy mieć zatem oddzielne listy darków dla:

- zdjęć z widmem obiektu
- zdjęć flatfield

Wyjątkiem jest sytuacja gdy zdjęcia widm obiektu mają taki sam czas naświetlania jak flatfield.

2 Przygotowanie IRAFa

W katalogu z danymi polecenie:

```
mkiraf
```

i wybieramy terminal `”xgterm”`. Edytujemy utworzony plik `”login.cl”` odkomentowując linie 34 i 35 oraz ustawiając `imtype` jako `fits`:

```
set      imtype   = ”fits”  
set      imextn   = ”oif:imh fxf:fits , fit fxb:fxb plf:pl qpf:qp stf:hhh,??h”
```

Włączamy terminal `xgterm` i odpalamy `irafa` poleceniem `”cl”`.

3 Tworzenie średniego zdjęcia dark

W IRAFie przechodzimy kolejno do:

```
noao  
imred  
ccdred
```

Parametry danego polecenia edytujemy wpisując `”epar nazwa_polecenia”`. Edytujemy parametry `”ccdred”`:

```
epar ccdred
```

ustawiając:

```
instrum=ccddb$kpno/fibers.dat
```

Zapisujemy zmienione parametry wciskając CTRL+D (wyjście bez zapisu: CTRL+C). Do utworzenia średniego pliku dark posługujemy się poleceniem "darkcombine". Edytujemy następujące parametry tego polecenia:

```
input=@dark10s.lst
output=Dark10s
combine=median
ccdtype=
process=no
scale=none
```

Po zapisaniu ustawionych parametrów polecenie włączamy wpisując "darkcombine" lub jeszcze w trybie zmiany parametrów wpisując ":go". Powinniśmy otrzymać plik o nazwie Dark10s.fits. Analogicznie postępujemy z darkami dla innych czasów ekspozycji.

4 Tworzenie średniego zdjęcia flatfield

Korzystamy z polecenia "flatcombine", które będzie wykorzystywało również polecenie "ccdproc" (do odjęcia średniego zdjęcia dark od każdej klatki flatfield). Zmieniamy następujące parametry polecenia "flatcombine":

```
input=@flat.lst
output=Flat
combine=median
ccdtype=
process=yes
```

oraz parametry polecenia "ccdproc":

```
ccdtype=
fixpix=no
oversca=no
trim=no
zerocor=no
darkcor=yes
flatcor=no
dark=nazwa_sredniego_pliku_dark_z_odpowiednim_czasem_eksp
```

W wyniku działania polecenia "flatcombine" otrzymamy średnie zdjęcie Flat.fits.

5 Dopasowanie przebiegu widma lampy do flatów i normalizacja

Przechodzimy do:

```
noao
twospec
longslit
```

Korzystamy z polecenia "response", które umożliwi nam dopasowanie przebiegu widma lampy halogenowej i znormalizowanie flatów. Wcześniej otwieramy w ds9 zdjęcie średniego flatu i sprawdzamy w jakim obszarze matrycy znajduje się widmo lampy (ymin i ymax). Parametry polecenia "response":

```
calibrat=nazwa_sredniego_flatu (w tym przypadku Flat)
normaliz=Flat [* ,ymin:ymax]
response=nFlat
interac=yes
```

Po odpaleniu polecenia potwierdzamy chęć skorzystania z trybu interaktywnego oraz ułożenie osi dyspersji wzdłuż rzędów matrycy CCD. Pojawi nam się okno z przebiegiem widma lampy oraz próbą dopasowania. Zmieniamy rząd dopasowania wpisując:

```
:order nr_rzedu
```

np "order 50". Po wciśnięciu "f" program robi nowe dopasowanie. Zwiększamy rząd tak długo, aż otrzymamy satysfakcjonujące dopasowanie. Fragmenty widma możemy powiększać wciskając "w", a następnie "e" w lewym dolnym i "e" w prawym górnym rogu fragmentu który chcemy powiększyć. Wciśnięcie "w", a następnie "a" spowoduje powrót do widoku całego widma. Na końcu wciskamy "q". Plikem wynikowym będzie znormalizowany średni flatfield o nazwie nFlat.fits.

6 Redukcja widma obiektu

Możemy przejść teraz do redukcji naszego widma. Ponownie przechodzimy do "ccdred":

```
noao
imred
ccdred
```

i edytujemy parametry polecenia "ccdproc":

```
images=nazwa_zdjecia_z_widmem
output=nazwa_zdjecia_po_redukcji
ccdtype=
fixpix=no
oversca=no
trim=yes
zerocor=no
darkcor=yes
flatcor=yes
```

```
trimsec=[*,ymin:ymax]
dark=nazwa_sredniego_pliku_dark_z_odpowiednim_czasem_eksp
flat=nazwa_znormalizowanego_sredniego_zdjecia_flatfield
```

Odpalenie polecenia "ccdproc" spowoduje redukcję zdjęcia z widmem na średni dark (uwaga na czas ekspozycji pliku dark - musi być zgodny z czasem eksp. widma obiektu) oraz znormalizowany flatfield, a także przycięcie naszych zdjęć do obszaru w którym znajduje się widmo (ymin i ymax wyznaczone ze zdjęcia flatfield). Plikem wynikowym będzie zredukowany fits np rWesta.fits.

7 Wyodrębnienie widma 1D ze zdjęcia

```
noao
twodspec
apextract
```

W parametrach "apextract" zmieniamy:

```
dispaxi=1
```

Korzystamy z polecenia "apall". W parametrach w zasadzie wystarczy podać nazwę pliku wejściowego:

```
input=nazwa_zredukowanego_zdjecia_z_widmem
```

Po odpaleniu polecenia potwierdzamy chęć znalezienia apertur dla naszego zdjęcia, podajemy aby IRAF znalazł automatycznie jedną aperturę i twierdząco odpowiadamy na kolejne pytania. W końcu pojawi nam się wykres z przekrojem przez widmo, do którego dobierać będziemy aperturę (tutaj również działają klawisze "w" "e" "e" i "w" "a", które pozwalają nam powiększać i oddalać widmo - patrz sekcja 5). Powinnismy widzieć jeden wyraźny pik. Usuwamy automatycznie znalezione położenie maksimum klikając na nim "d" (chyba że uważamy, że jest ok). W okolicy centrum przekroju wciskamy "n" aby zaznaczyć środek apertury (lub "m" aby program znalazł maksimum najbliższe kursora), a następnie klikając na odpowiednim poziomie pików "y" (najlepiej raczej przy dole) dobieramy szerokość apertury (lub ręcznie: "l" - dla dolnego zakresu i "u" - dla górnego). Pozostaje jeszcze lepiej dopasować tła. W tym celu wciskamy "b", usuwamy stare zakresy wciskając na nich "z", a następnie ustawiamy nowe obszary dopasowania tła wciskając "s" na początkach i końcach zakresów. Wciśnięcie "f" spowoduje dopasowanie tła do nowo wybranych zakresów. Wychodzimy "q" z dopasowania tła, a następnie ponownie "q" aby przejść do śledzenia apertury wzdłuż osi dyspersji.

Odpowiadamy twierdząco na wszystkie pytania (chyba, że nie chcemy dopasowywać przebiegu widma, tylko założyć, że układ się idealnie wzdłuż rzędów matrycy, tak jak np. w ćwiczeniu z wyzn. prędkości rotacji Jowisza - wtedy na pytanie o śledzenie "trace" apertury odpowiadamy przecząco) i pojawia nam się okno podobne do tego z sekcji 5 dotyczącej dopasowania przebiegu widma lampy halogenowej. Znowu staramy się znaleźć dobre dopasowanie zmieniając jego rząd (np "order 10" i klawisz "f" aby zrobić nowe fitowanie). Po znalezieniu odpowiedniego dopasowania wychodzimy klawiszem "q". Po odpowiedzeniu twierdząco na wyskakujące pytania, pojawia nam się nasze widmo, wciąż jednak wyskalowane jeszcze w pikselach, a nie w długości fali. Wychodzimy wciskając ponownie "q". Domyślnymi plikami wyjściowymi (z jednowymiarowymi widmami) są pliki z

rozszerzeniem ".ms.fits" (można to zmienić ustawiając parametr "output").

8 Wyodrębnienie widma lamp kalibracyjnych

Widma kalibracyjne wyodrębniamy w sposób analogiczny, ze zdjęcia zawierającego widmo lampy. W poleceniu "apall" oprócz nazwy pliku wejściowego (podajemy plik z widmem lamp kalibracyjnych) oraz wyjściowego (np cal1) zmieniamy jeszcze jeden paramer:

```
nsum=500
```

Dzięki niemu dostaniemy przekrój przez widmo zsumowany po 500 kolumnach (jest to istotne ponieważ widmo kalibracyjne jest liniowe, a nie ciągłe i przekrój mógłby trafić na fragment zdjęcia na którym akurat nie ma linii).

Na początku warto jest usunąć apertury dobrane automatycznie - tutaj akurat IRAF zwykle nie radzi sobie najlepiej. Tym razem zaznaczamy jedną aperturę od widma kalibracyjnego (uwaga - maksymalny pik może być związany z widmem gwiazdy, a tylko dwa boczne, szersze pochodzą od lamp kalibracyjnych - ten od widma gwiazdy pomijamy) i znowu poprawiamy zakresy dopasowania tła (po usunięciu automatycznie dobranych zakresów warto oddalić wykres wciskając "w" "a"). W tym przypadku pomijamy śledzenie apertury wzdłuż osi dyspersji na pierwsze pytanie odpowiadając "no", a na pozostałe "yes" aż wyświetli się wyodrębnione widmo kalibracyjne. Procedurę powtarzamy również dla drugiego widma kalibracyjnego, w parametrach zmieniając tylko "output" na np. cal2.

Jednowymiarowe widma możemy wyrysować poleceniem:

```
splot nazwa_pliku
```

Z okna z wykresem widma wychodzimy wciskając "q" (nie zamykamy go krzyżykiem!)

9 Identyfikacja linii widmowych lamp kalibracyjnych

Ze strony <http://byk.oa.uj.edu.pl/~skurowski/> zakładka PAP/Ćwiczenie 16 ściągamy listę linii kalibracyjnych (hgne.dat) i zapisujemy ją w folderze z zredukowanymi danymi. Ściągamy również paczkę z widmami lamp kalibracyjnych, gdzie są obrazki pomocne przy identyfikacji linii.

Przechodzimy do:

```
noao  
onedspec
```

Do identyfikacji linii służy polecenie "identfy". W parametrach zadajemy plik wejściowy (plik z widmami kalibracyjnymi o rozszerzeniu .ms.fits) oraz plik z listą linii kalibracyjnych:

```
images=nazwa_pliku_z_widmem_kalibracyjnym  
coordli=hgne.dat
```

Po odpaleniu polecenia pojawia się wykres widma kalibracyjnego. Musimy teraz ręcznie zidentyfikować parę linii korzystając z obrazków z widmami lamp kalibracyjnych (uwaga: na początku nasze widmo kalibracyjne może być odwrócone, tzn czerwona część widma po lewej stronie). Linie identyfikujemy klikając "m" w pobliżu środka linii i wpisując długość fali. Wystarczy wpisać wartość z obrazka z wykresem widma, a IRAF automatycznie przypisze tej linii najbliższą dokładną wartość z zadanej listy linii. Po zidentyfikowaniu paru linii klikamy "f" aby znaleźć wstępne rozwiązanie.

Pojawia nam się wykres residuów. Możemy wyświetlić komponentę nieliniową zależności px/λ wciskając "l", natomiast wracamy do wykresu residuów wciskając "j". "q" powraca do widoku widma, wyskalowanego już wstępnie w długości fali. Wciskając "l" pozwalamy programowi spróbować automatycznie zidentyfikować pozostałe linie. Robimy nowe dopasowanie "f", przechodzimy do widoku residuów, klawiszem "d" usuwamy punkty, które znacznie odstają od pozostałych (tylko jeżeli to konieczne) i próbujemy robić nowe dopasowania wciskając "f". Możemy również zmieniać stopień dopasowywanej funkcji, ale należy tutaj uważać aby nie przesadzić - przebieg powinien być gładki. Staramy się uzyskać RMS (wyświetlany nad wykresem) około 0.05 lub mniej (dla widma małej rozdzielczości wartość RMS może być większa). W przypadku gdy nic nie wychodzi warto jest usunąć wszystkie zidentyfikowane linie w oknie widoku widma, za pomocą klawiszu "d" i spróbować powtórzyć całą procedurę. Gdy mamy satysfakcjonujące rozwiązanie wychodzimy wciskając "q". IRAF pyta się nas wtedy w konsoli xgterm czy zapisać to rozwiązanie do bazy - potwierdzamy enterem.

Pozostaje jeszcze identyfikacja linii z drugiej kalibracji. Możemy zrobić to analogicznie zmieniając tylko parametr "input" polecenia "identify". Możemy też skorzystać ze znalezionej już rozwiązania dla pierwszej apertury jako pliku referencyjnego i spróbować wykorzystać polecenie "reidentify". Istotne parametry:

```
reference=nazwa_pliku_z_widmem_kalib_1
images=nazwa_pliku_z_widmem_kalib_2
interac=yes
newaps=no
coordli=hgne.dat
```

Po zatwierdzeniu pliku referencyjnego oraz pliku do identyfikacji pojawi nam się wynik automatycznej identyfikacji linii. Ostatnia wartość to otrzymany RMS rozwiązania - jeżeli jest ok 0.05 lub mniejszy to przy pytaniu o interaktywne dopasowanie możemy wpisać "no".

10 Kalibracja długości fali

Najwyższy czas zastosować zidentyfikowane linie i skalibrować nasze widmo w długości fali. Skorzystamy z widm kalibracyjnych z obu apertur (weźmiemy ich średnią). W folderze z naszymi danymi tworzymy plik testowy np o nazwie cal.lst z nazwami naszych dwóch widm kalibracyjnych: Przypisujemy widma kalibracyjne do naszego pliku z widmem obiektu za pomocą polecenia "refspec". Parametry:

```
input=jednowymiarowe_widmo_obiektu
reference=@cal.lst
select=average
confirm=no
```

Po ustawieniu i zapisaniu parametrów odpalamy polecenie "refspec". Samą kalibrację długości fali wykonujemy poleceniem "dispco" w parametrach zadając tylko nazwę pliku wejściowego (nasze jednowymiarowe widmo obiektu) i nazwę pliku wyjściowego. Otrzymane widmo możemy podglądać poleceniem "splot".

11 Normalizacja kontinuum

Ostatnim krokiem będzie normalizacja kontinuum do jedynki. Korzystamy z polecenia "continuum", gdzie zadajemy tylko plik wejściowy i wyjściowy. Pojawia się znane już nam okienko dopasowujące funkcję do przebiegu widma. Po uzyskaniu dobrego dopasowania (pomijającego linie i wpasowującego się tylko w przebieg kontinuum!) wciskamy "q" i uzyskujemy końcowy wynik.

12 Przydatne linki

- Kurs IRAFa:
<http://joshwalawender.github.io/IRAFtutorial/index.html>
- Szczególnie przydatna może być część o wyodrębnianiu widma 1D:
http://joshwalawender.github.io/IRAFtutorial/IRAFintro_06.html#D
- oraz opis identyfikacji linii widma kalibracyjnego:
http://joshwalawender.github.io/IRAFtutorial/IRAFintro_06.html#H