



RADBOUD UNIVERSITEIT NIJMEGEN
AFDELING STERRENKUNDE
JÖRG R. HÖRANDEL
ANNA NELLES

Observational Astronomy – 2011/12

Inleveren voor 24 februari, in postvakje 'Astronomisch Practicum' bij secretariaat Sterrenkunde (HG 02.723)

web: <http://particle.astro.ru.nl/goto.html?astropract1-1112>

teaching assistant: Anna Nelles A.Nelles@astro.ru.nl

1 Werken met de telescoop

Als het goed is heeft iedereen het '*telescooprijbewijs*' gehaald. Dit betekent dat jullie nu zelfstandig met de telescoop kunnen gaan werken. Hiervoor kan je bij het secretariaat van Sterrenkunde een sleutel krijgen. Ze hebben een lijstje met de namen van iedereen die met de telescoop mag werken. Je zult wel 20 Euro borg moeten betalen voor de sleutel en een deurpasje. Er is alleen een sleutel per groep verkrijgbaar.

Als je het telescoopexamen nog niet gehaald hebt en je wil toch het eindproject doen, neem zo snel als mogelijk contact met Anna op.

Op de webpagina <http://www.astro.ru.nl/35cm/index.php> (Inloggen met je gebruikersnaam zoals je die ook voor de computers gebruikt) kan je de telescoop reserveren. Je mag nooit de telescoop gebruiken zonder te reserveren. Deze proef kan tijdens de dag gedaan worden, dus kunnen jullie ook op een geschikte tijd midden op de dag reserveren. Alsjeblieft maximaal twee uurtjes reserveren, want andere mensen willen ook graag hun proef doen.

Voor het eindproject kunnen jullie dan 's nachts reserveren. Ook hier geldt: Nooit een hele nacht reserveren, minstens twee groepen per nacht moet altijd lukken.

2 Donkerstroom en flatfields

Wij hebben in het afgelopen practicum al met flatfields gewerkt, die we voor jullie opgenomen hebben. Het is belangrijk voor iedere observatie nieuwe flatfields te maken, om dat de gevoeligheid van de sensor kan veranderen. Flatfields zijn heel belangrijk om de opnamen te corrigeren voor de verschillende gevoeligheden van de pixels van een CCD. Dit lijkt oppervlakkig gezien misschien niet nodig, maar voor goede waarnemingen (en die willen we toch zeker maken!) is het essentieel.

Ook willen we graag dat jullie nog een beetje meer over het werken van een CCD leren. Daarom doen we in deze proef ook nog een onderdeel over donkerstroom.

Doe de metingen zoals hieronder beschreven en beantwoord alle vragen die vetgedrukt zijn.

2.1 Metingen

Bij deze proef gaan we gebruik maken van de CCDs. Jullie moeten zelf onderling organiseren wanneer je deze proef doet! Je kan altijd de assistenten voor hulp vragen, maar in principe moet het zonder hulp lukken.

De gevoeligheid van de CCDs is zo groot dat we ze overdag niet achter de telescoop hoeven te hangen om genoeg licht te krijgen. In tegendeel: je moet voorkomen dat je verzadigd raakt als je flatfields gaat maken. Dit kun je zien doordat de waarden van alle pixels op 65536 komt te staan¹. Als je straks werkelijke metingen van sterren gaat maken moet je natuurlijk *wel* eerst de CCD camera achter de telescoop bevestigen. Gebruik hiervoor zowel bij de 20cm als de 35cm telescoop de schroefverloopringen die in de CCD koffers zitten.

Voor je proef gaat maken moet je eerst de volgorde van de filters in het filterwiel bepalen en controleren of CCDOPS goed ingesteld is. Schroef hiervoor het opzetstukje op de CCD camera los, zodat je direct de filters kunt zien. Sluit de camera aan op de computer zoals je vorige keer hebt geleerd. Door in CCDOPS het 'Filter' menu te kiezen kun je nu het filterwiel gaan draaien. De filters in onze cameras zijn die van het Johnson-Kron-Cousins systeem: U,B,V,R,I. Maar welke is welke? Bedenk eerst zelf welke kleur elk filter zal hebben. Bedenk hierbij welke kleuren door het filter worden doorgelaten en welke kleuren juist weerkaatst worden. Het U en het I filter zijn het moeilijkste te bepalen, omdat onze ogen niet bijster gevoelig zijn voor deze golflengten. Het I filter is met een metallisch anti-reflectielaagje behandeld. Bovendien zitten de filters in de goede volgorde (U-I) in het filterwiel.

Als je de CCD achter de telescoop monteert (hoeft niet voor deze proef, mag wel), dan moet je even opletten dat je de goede verloopstukken gebruikt. Bij de 20cm schroef je zowel de CCD-camera op het verloopstuk (in de plaats van het 'beschermhuisje' dat er standaard op zit), als het verloopstuk op de telescoop (in plaats van het gebruikelijke oculair).

Omdat de gevoeligheid van een pixel afhankelijk is van de kleur gaan we nu flatfields maken in verschillende kleuren. De donkerstroom hoeven wij slechts voor een enkel filter te meten.

- Sluit de CCD aan op de computer, via de USB kabel voor de CCDs. Check of er in elk groepje iedereen al eens met de CCD heeft gewerkt (zo niet, leg het aan de betreffende personen uit)! Gebruik het programma CCDops om de camera aan te sturen (staat op de Desktop). Start de communicatie tussen de CCD en de computer via de Setup-optie in het 'Camera'-menu. Als dit succesvol is, komt er rechtsonder in CCDops te staan dat je verbonden bent met de CCD. Naast deze melding staat ook de temperatuur van de CCD en of de koeling actief is. Zet deze koeling nog niet aan!
- Hou de dop op de ingang van de CCD zodat er geen licht valt op de CCD zelf. **Waarom willen we de opstelling zo donker mogelijk hebben?**
- Onze CCD wordt gekoeld door middel van een Peltier koeling. **Zoek op hoe dit werkt en beschrijf het in een paar korte zinnen.** De donkerstroom van een CCD wordt veroorzaakt door de vrije bewegingsenergie van de electronen in het silicium. Deze vrije bewegingsenergie neemt af met afnemende temperatuur. (Ze moet immers nul zijn op het absolute nulpunt!).
- Neem nu een opname van 10 seconden, waarbij je alleen een darkopname neemt. Noteer de temperatuur waarbij je deze opname hebt gemaakt. (De opnamen maak je met het Grab menu). Bewaar de opname als een FITS file. Deze opnames kunnen we dan later met IRAF bekijken en bewerken. Zorg er ook voor dat de naam die je aan de FITS file geeft het makkelijk maakt om terug te vinden welke opnamen welke is. Bv. voor een 10 seconde donkerstroom opnamen bij een temperatuur van 15 C, zou je een naam kunnen gebruiken als: Dark10s15C.fits.
- Je kunt de temperatuur van de CCD verlagen door de koeling te activeren. Dit doe je in het Setup menu onder Activate cooling. Het Set-point dat je hier in moet vullen is

¹Waar komt dit getal vandaan?

de nieuwe temperatuur die je wilt bereiken. Verlaag nu de temperatuur van de CCD vanaf de omgevingstemperatuur telkens met 5 graden, wacht tot de camera deze temperatuur bereikt heeft, en maak een nieuwe opname van 10 seconden en bewaar deze als FITS file. Ga door tot de temperatuur van de CCD niet meer verder zakt. (Ter indicatie niet veel verder dan: $T_{\text{CCD}} = T_{\text{omgeving}} - 30$ graden.) Als je een nieuwe temperatuur instelt, wacht dan even tot de temperatuur is gestabiliseerd. De koeling zal eerst even rond de ingestelde temperatuur oscilleren, alvorens op een vaste waarde te blijven staan.

- Als je de laagste temperatuur hebt bereikt, neem dan, naast de opname van 10 seconden, opnames van 5, 1, 0.5 en 0.12 seconden.

We zijn nu klaar met de donkerstroom-proef. We gaan verder met de flatfields.

- Laat wat daglicht in de koepel of in de CCD-kamer vallen. Dit hoeft niet veel te zijn om meteen goede flatfields te kunnen maken. Misschien moet je de ruimte zelfs wat donkerder te maken.
- Op een donkere dag (b.v. regen), of in een donkere koepel kan je lampflatfields maken, o.a. door de lamp op de binnenkant van de koepel te schijnen en dan de telescoop op een stukje koepel te richten dat redelijk egaal belicht is. **Waarom hoeft dit stuk koepel niet 100% procent egaal belicht te zijn? Met onze 35cm telescoop is nog wel een egaal belicht stukje te vinden, maar stel je eens voor dat we een 1 meter telescoop in dezelfde koepel hadden (ja, dat past!). Waarom maakt het dan nog steeds niet veel uit?**
- Maak nu 10 opnamen in het *R*-filter met een integratietijd die lang genoeg is om $\sim 10\,000$ counts te krijgen. Mocht dit langer dan ~ 3 minuten per opname duren, open dan de koepel een klein stukje meer. Zorg er wel voor dat er geen direct zonlicht in de koepel of op de telescoop valt! Maak opnamen waarbij je ook een donkerstroom opname maakt (de `also` stand bij `Grab`). Je zult zien dat de camera nu niet alleen een 'licht' opname maakt, maar ook een 'dark' opname van dezelfde lengte. Deze donkerstroom+bias opnamen wordt na de 'licht' opname meteen van deze opname afgetrokken zodat onze opnamen al gecorrigeerd zijn voor de donkerstroom en de bias. Geef je opnamen weer goed identificeerbare namen (bv. `FlatR10s_1.fits`, `FlatR10s_2.fits` etc.) en bewaar ze in een directory op de Data schijf met de naam van vandaag.
- Draai nu het *B*-filter voor de CCD camera en maak weer 10 opnamen. **Waarom moeten we nu een andere integratietijd nemen?** Herhaal dit voor het *U*-filter.
- Als de opnamen gemaakt zijn, berg je CCD weer netjes op en als je de telescoop gebruikt hebt, laat je deze ook weer in de 'rust'-toestand achter. Laat bij het afsluiten van de CCD eerst de camera op natuurlijke wijze opwarmen: d.w.z. zet eerst elektronisch (in het `Camera/Setup` menu) de koeling uit, wacht tot de CCD op kamertemperatuur is. Wacht vervolgens nog 5 minuten voor je hem in het plastic stopt en opbergt. Als je dit niet doet kan er condensvorming optreden in de plastic zak. Dit is niet goed voor de CCD!

2.2 Analyse

In dit hoofdstuk wordt de analyse van de data uitgelegd. Alles kan op de computers met IRAF geburen.

2.2.1 Donkerstrom

- Laad de gemaakte FITS-files met IRAF. Gebruik zoals afgelopen keer: `ds9&, display`. **Beschrijf kwalitatief hoe de opnamen eruit zien.** Meet met `imexam` (optie `m`) de gemiddelde waarde van de donkerstromopnamen in een gebied aan de boven- en onderkant van de opname. Doe dit voor alle opnames.
- **Laat grafisch zien hoe de waarde van de donkerstrom verandert als functie van de temperatuur. Is het nodig om de CCD zo koud mogelijk te houden of benadert de donkerstrom een limiet? Wat is de donkerstrom in electronen per pixel bij verschillende temperaturen?**(Houd hierbij rekening met het feit dat we geen electronen meten, maar ADUs (Analog Digital Units). Hoeveel electronen komen overeen met 1 ADU? Dit getal noemen we de gain van een CCD.
- Onze opnames zijn op de telescoop al gecorrigeerd voor de bias en de donkerstrom. Dit hoeven we in dit geval dus niet nog apart te doen. Kopieer je opnamen naar je eigen directory zodat je er met IRAF mee kan werken.
- Doe nu hetzelfde voor de opnamen op de koudste temperatuur (hoeveel was dit?) met afnemende integratietijd. **Bereken de donkerstrom ($e \cdot s^{-1}$, electronen per seconde) die we hier uithalen. Klopt dit? Waarom niet? Wat zijn we (bijna) aan het meten in de opname van 0.12 seconde?**
- **Wat is de temperatuur waarop we de CCD het beste kunnen gebruiken? Leg uit welke twee effecten van de CCD we in deze proef hebben gemeten.**

2.2.2 Flatfields

We gaan nu de 10 opnamen van de verschillende filters combineren door gebruik te maken van de IRAF task `flatcombine`. Deze task combineert een aantal opnamen (tien in ons geval), berekent een gemiddelde opname en kan daarbij eventuele zeer afwijkende pixels niet meenemen. Je kan dit precies op de zelfde manier doen als we het de afgelopen keer met de voorbeeldflatfields gedaan hebben.

- **Bekijk en beschrijf het verschil tussen het gemiddelde flatfield en een enkel flatfield. Doe dit bijvoorbeeld door met `imexam` te gaan kijken naar de gemiddelde waarden in beide opnamen en de standaarddeviatie daarop (functie 'm'). Maar kijk ook naar verschillen in de globale structuur van het flatfield. Welke operatie heeft `flatcombine` blijkbaar nog meer uitgevoerd dan alleen een gemiddelde maken van de flatfieldopnamen? Waarom willen we dat?**
- Doe dit zowel voor de *U*-, de *I*- als de *B*-opnamen. We houden nu dus drie flatfields over. **Zijn er verschillen te zien in deze drie flatfields? Deel de twee van de drie flatfields eens op elkaar met IRAF en beschrijf de uitkomst.**
- **Uitgaande van een ruwe opname van een telescoop, beschrijf mathematisch welke handelingen we moeten uitvoeren met de bias, de donkerstrom en het flatfield om een 'gereduceerd' image te krijgen.**