

# Het Anton Pannekoek Observatorium

Een observatorium voor studenten

De Sterrenkoepel

FNWI UvA  
Science Park

APO<sup>★</sup>  
Amsterdam

Prof. Dr. H.F. Henrichs

December 2010

## Inhoud

Het Anton Pannekoek Observatorium	1
De koepels	1
De telescoop in de sterrenkoepel	1
De instrumenten	2
Eerste resultaten vanuit de sterrenkoepel	3
1. Maan en planeetfotografie	3
Jupiter	4
2. Smalbandfotografie van planetaire nevels en emissienevels	4
Sternvormingsgebieden en emissienevels	6
3. Breedbandfotografie van sterrenhopen en sterrenstelsels	6
Bolvormige sterrenhopen	7
Sterrenstelsels	7
4. Roodverschuiving van sterrenstelsels	8
Bediening op afstand en robotische planning	9
Dank	10

# Het Anton Pannekoek Observatorium

Vanuit de verre omgeving zijn twee koepels op het dak van het nieuwe universiteitsgebouw op het Science Park in Amsterdam zichtbaar: het Anton Pannekoek Observatorium van de Faculteit Natuurkunde, Wiskunde en Informatica van de Universiteit van Amsterdam. Na meer dan 12 jaar voorbereiding werd in september 2009 in de hoge sterrenkoepel een telescoop met een spiegel van 51 cm diameter geplaatst. Deze is uitgerust met een uiterst lichtgevoelige camera met speciale filters die storend stadslicht tegenhouden. In de controlekamer eronder staat een zeer nauwkeurige spectrograaf die het licht via glasvezelkabels krijgt toegevoerd. Studenten kunnen hiermee op een professionele manier met de modernste technieken werken. Alle apparatuur is erop gebouwd dat een waarneemprogramma geheel automatisch uitgevoerd kan worden. Dit laatste is een uniek voordeel wanneer de studenten de volgende ochtend college moeten volgen, en maximaliseert zo de bruikbaarheid van het observatorium. In de lagere zonnekoepel bevinden zich telescopen, speciaal bedoeld voor zonnewaarnemingen, met projectiescherm en zonnefilter om het altijd veranderende zonsoppervlak te bestuderen. Daarnaast is er een waarneemterras waar 10 kleinere computergestuurde telescopen opgesteld kunnen worden ten behoeve van groepen bachelorstudenten. Er wordt nog gewerkt aan een plan om een heliostaat op het terras te plaatsen, die via een opening in het plafond in de ruimtes eronder een zonsbeeld van 80 cm projecteert, samen met het zonnespectrum. Hiermee beschikt de UvA over het modernste observatorium in Nederland.

## De koepels

De koepels (*Ash-Dome*, Chicago) met een diameter van 6,3 m zijn met een speciale fundering op de meest stabiele punten van het gebouw geplaatst. Een schuifdeur opent het bovendee van de koepel, terwijl een uitklapdeur het onderste deel opent, waardoor de horizon zichtbaar wordt. Het weerstation (*Shelyak*, Frankrijk) zal bij neerslag of te hoge vochtigheid de koepels automatisch sluiten. De koepelautomatisering (*ACE*, Tucson, Arizona) zorgt ervoor dat de opening de kijkrichting van de telescoop automatisch volgt. De monteren van de telescopen (*GM4000 10Micron*, Italië) staan op holle stalen zuilen van 1 m doorsnede, los van de vloer. Desondanks worden bij het draaien van de zware koepel trillingen aan de telescoop doorgegeven. De software is daarom zo ingesteld dat het automatisch draaien alleen tussen de opnames door gebeurt.



Fig. 1. De lage zonnekoepel en de hoge sterrenkoepel.

Eerst wordt de Sterrenkoepel beschreven, met de eerste resultaten, daarna wordt iets gezegd over de Zonnekoepel.

## De telescoop in de sterrenkoepel

In de sterrenkoepel staat een spiegeltelescoop van het type Ritchey-Chrétien, waarbij twee hyperbolisch geslepen spiegels er voor zorgen dat het beeldveld over een zo groot mogelijke diameter scherp is, in dit geval 50 mm. Dit type wordt gebruikt in de meeste professionele telescopen, zoals o.a. de Hubble Space Telescope, de ESO Very Large Telescope en de Gran Telescopio Canarias op La Palma die met zijn 10,4 meter spiegel momenteel

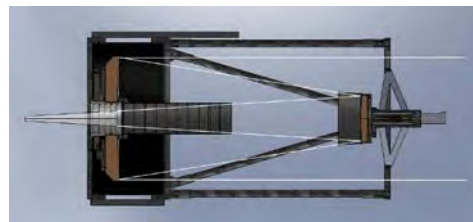


Fig. 2. De Ritchey-Chrétien telescoop.

de grootste telescoop ter wereld is. De firma *RCOS* in Flagstaff, Arizona heeft de telescoop gebouwd. De hoofdspiegel heeft een vrije diameter van 50,8 cm. Het systeem heeft een brandpuntsafstand van 417 cm,

waarmee de lichtsterkte op  $f/8,2$  komt. De volle maan wordt afgebeeld met een diameter van ca 4 cm. Met verschillende oculairen wordt een vergroting tot 500x bereikt.

De spiegels komen uit Ukraine en zijn gemaakt van Sytall glas, dat zijn vorm behoudt tijdens temperatuurswisselingen. Ook de koolstoffiberconstructie van de ophanging zorgt ervoor dat het focus precies behouden blijft. Van een puntvormige lichtbron komt 97% van het theoretisch haalbare licht in het brandpunt terecht, hetgeen een maat is voor de kwaliteit van de telescoop.



Fig. 3. Waarnemen met een oculair.

## De instrumenten

Naast het direct waarnemen door de telescoop met het oog zijn er vier instrumenten beschikbaar. Deel van de opleiding is het schrijven van een waarnemingsvoorstel, gebaseerd op de mogelijkheden van de telescoop, precies zoals dat in de praktijk gaat. Allereerst is er een monochrome 16 Megapixel CCD camera (FLI Proline 16803) uitgerust met 10 verschillende astronomische filters (gefinancierd door de ITS Academy, Amsterdam). Door beelden van verschillende filters te combineren kunnen kleurenfoto's samengesteld worden. Met deze CCD camera kan zeer nauwkeurig de helderheid van sterren worden vastgelegd in de gewenste kleurenbanden (veelkleurenfotometrie). Beschikbaar zijn  $L$ ,  $U$ ,  $B$ ,  $V$ ,  $R$ ,  $I$ ,  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $Sill$ , en  $OIII$  filters.



Fig. 4. De 16 megapixel CCD camera met filterwiel.

Daarnaast zijn er drie spectrografen beschikbaar, ieder voor een specifiek doel. De eerste twee worden direct aan de telescoop bevestigd. De onvermijdelijke doorbuiging in verschillende richtingen en temperatuurswisselingen in de koepel beperken de stabiliteit van de metingen. Beide instrumenten hebben een volgcamera die het object heel precies op de ingangsspleet houdt. Een neonspectraallamp zorgt voor de golflengte-ijking.

1. De lage resolutie spectrograaf (SBIG SGS) kan het hele zichtbare spectrum in een keer weergeven, maar met een erg laag oplossend vermogen. Deze is bedoeld voor zwakke objecten. Hiermee kan de roodverschuiving van sterrenstelsels gemeten worden alsook de chemische samenstelling van emissienevels.

2. Het grootste oplossend vermogen heeft de LHIRES3 spectrograaf, die details in het spectrum 100 keer nauwkeuriger kan vastleggen dan de bovengenoemde, maar daardoor alleen geschikt is voor heldere objecten. Hiermee kunnen o.a. de dopplersnelheden, rotatie en chemische samenstelling van sterren en planeten bepaald worden. Vanwege de eenvoudige constructie is het spectrum echter maar over een relatief erg klein golflengtegebied vast te leggen.

3. De meest professionele spectrograaf eSheI (Shelyak, France) is van een ander type: het licht wordt met een glasvezelkabel van de telescoop naar de controlekamer twee verdiepingen lager geleid. Daar staat de spectrograaf trillingsvrij in een redelijk stabiele omgevingstemperatuur, samen met de ijklichtbronnen, waarvan het licht met een tweede glasvezel eerst naar boven wordt geleid. Alle bediening gebeurt vanaf een computer. Door het echelle ontwerp kan het gehele zichtbare golflengtegebied in een keer worden opgenomen. De nauwkeurigheid is tweemaal minder dan van de LHIRES3, maar het golflengtebereik is 30x maal groter. Met behulp van een uiterst gevoelige videocamera wordt het sterbeeld heel precies op de 50  $\mu\text{m}$  fiberopening gehouden. Dit instrument is bijzonder geschikt om allerlei eigenschappen van sterren en planeten te meten. Vanwege de zeer grote stabiliteit is het met deze spectrograaf zelfs mogelijk om de baan van exoplaneten te bepalen.



Fig. 5. (a) SBIG Self-Guiding Spectrograph, (b) LHIRES3 spectrograph, (c) Echelle fiber spectrograph.



## Eerste resultaten vanuit de sterrenkoepel

In de zomer van 2010 is een aantal van de instrumenten voor het eerst gebruikt, ook door studenten. Om een indruk te geven van de bijzondere mogelijkheden worden hier enige resultaten met achtergronden gegeven.

De kwaliteit van de atmosfeer (de weersafhankelijke *seeing*) bepaalt in hoge mate de scherpte van het beeld en wordt gemeten aan de hand van de diameter van sterbeeldjes. De best gemeten waarde voor de seeing was 1,2'', hetgeen overeenkomt met details van 2,3 km op de maan. Dit is verrassend goed voor een observatorium in een grote stad.

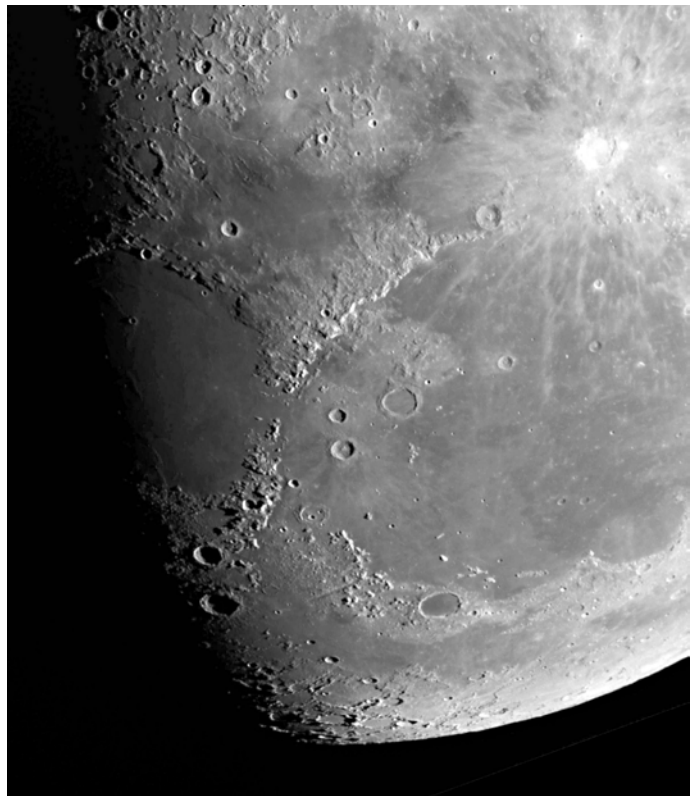
### 1. Maan en planeetfotografie



De volle maan past juist in het beeld van de CCD camera. De helderheid van de maan is echter zo groot, dat alleen met het meest smalbandige filter ( $H\alpha$ ) en de kortst mogelijke belichtingstijd van 0.03 sec verzadiging voorkomen kan worden. De kleinst zichtbare details op de maan op bijgaande foto's zijn ongeveer 3 km (corresponderend met 3 pixels). Met opnames onder betere seeing en met geavanceerde beeldbewerking zal dit nog verbeterd kunnen worden. (Opname en analyse Ed Buijs en Nils Vollenhoven.)

*Fig. 6. De maan op 2 juni 2010. Boven: Hooglandgebergte rond de kraters Clavius en Tycho (midden; zuid is boven).*

*Rechts: Mare Imbrium, begrensd aan de benedenkant (noordzijde) door de Alpen en de krater Plato. De heldere inslagkrater rechtsboven is Copernicus.*



## Jupiter

Vanwege de onrust van de lucht kunnen de heldere planeten zoals Jupiter het best opgenomen worden met een (kleuren) webcam. Achteraf wordt dan een selectie gemaakt van de beste beelden, die precies worden uitgelijnd, en tenslotte samengevoegd. De belichtingstijd van ieder beeld moet korter zijn dan de beweging van de lucht onrust. Bijgaande foto is samengesteld uit 450 beelden, opgenomen met een Philips ToUcam Pro, met belichtingstijd 1/100 sec en met 30 frames per seconde. Het selecteren, uitlijnen en samenvoegen is gedaan met *RegiStax*. Op de foto is aan de rechterkant de jupitermaan Io te zien. De bekende Rode Vlek bevond zich tijdens de opname aan de achterzijde van de planeet.



Fig. 7. Jupiter en Io, 8 oktober 2010.

## 2. Smalbandfotografie van planetaire nevels en emissienevels

Zelfs door een grote telescoop zal het menselijk oog geen kleuren kunnen zien bij het kijken naar nevel objecten. Dit heeft twee oorzaken: ten eerste geven bij weinig licht de kleurgevoelige kegeltjes van het netvlies onvoldoende signaal af om kleurperceptie teweeg te brengen. In plaats daarvan vormen de kleur-ongevoelige staafjes het beeld. De grootste gevoeligheid van deze staafjes ligt in het groen. We zien daarom een lichtgroenig beeld, zoals in fig. 8 van de planetaire nevel M57 (de Ringnevel in de Lier, een gasnevel uitgestoten door de centrale ster aan het eind van zijn leven). Ten tweede zenden dergelijke emissienevels geen continu spectrum uit zoals de zon, maar een discreet lijnenspectrum (fig. 9 en 10). Uit een dergelijk lijnenspectrum kan het oog, zelfs bij veel licht, geen zinnige kleur toekennen, zoals geïllustreerd in Fig. 9c, waarin de 6 verschillende spectrale verdelingen dezelfde paars-rose achtige kleurperceptie geven (metamerisme genoemd). Dus al zou de telescoop zo groot zijn dat de kleur-gevoelige kegeltjes geactiveerd zijn, dan nog ziet het oog een onbestemde kleur waaruit geen informatie te halen valt.

Om deze redenen wordt gebruik gemaakt van smalbandige filters die de sterkste emissielijnen omvatten ( $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $OIII$ ,  $SII$ ), die vervolgens gecombineerd worden overeenkomstig de kleurgevoeligheid van de kegeltjes. Zo kan uit een dergelijke samengestelde foto veel meer informatie gehaald worden dan het oog zou kunnen. De ruimtelijke verdeling van de chemische elementen kunnen bijvoorbeeld zo afgelezen worden, zie Fig. 10. Een groot bijkomend voordeel is dat de hemel-achtergrond (stadslicht) ook voor het grootste deel weggefilterd wordt.

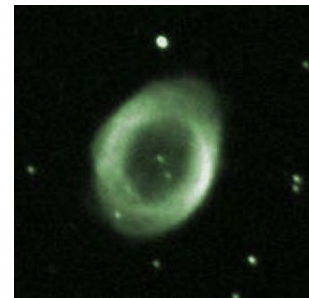


Fig. 8. De Ringnevel Messier 57, zoals met het oog door een telescoop gezien.

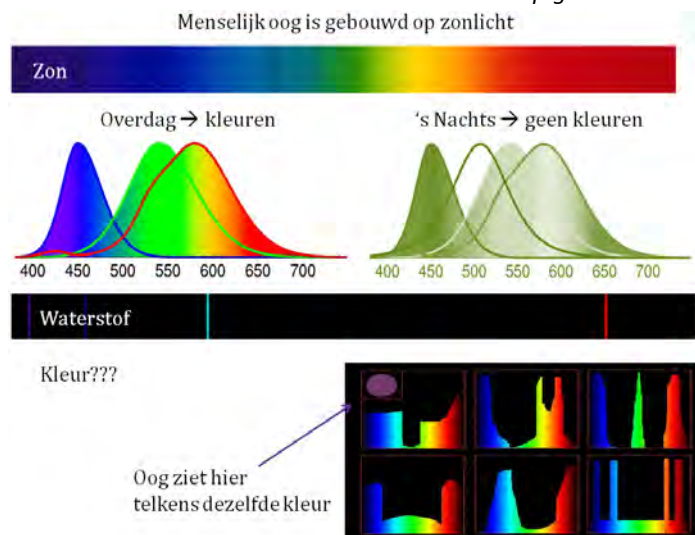


Fig. 9. (a) Kleurgevoeligheid van het netvlies. (b) Het emissielijnenspectrum van waterstof ziet het oog als lichtroze tot paars. (c) Metamerisme van het menselijk oog: geen onderscheid tussen verschillende spectrale verdelingen.

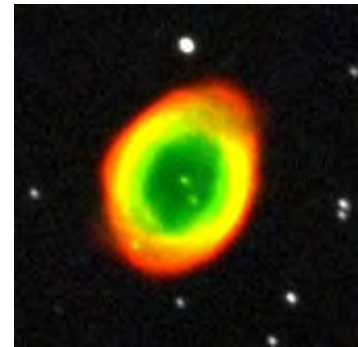
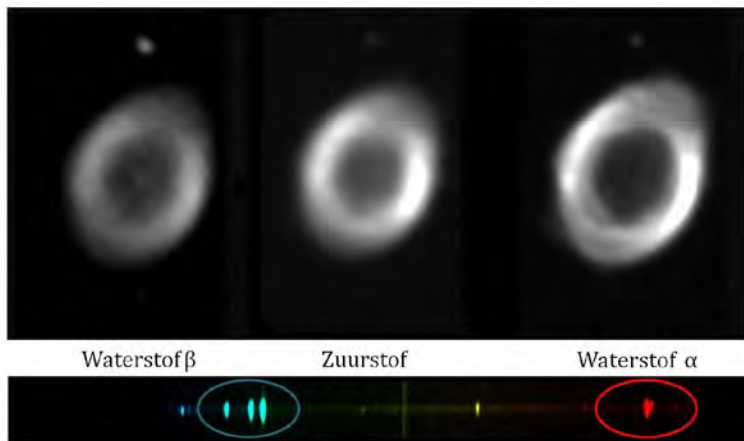
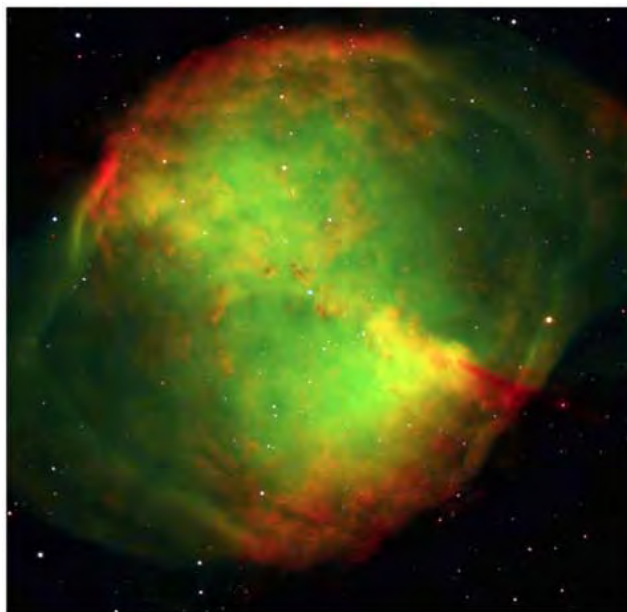


Fig. 10. Ringnevel M57, combinatie opname van wit licht uit fig. 8 en drie smalbandfilters. Opname 4 mei 2010.

Bij lichtzwakke objecten wordt een lange opname opgesplitst in vele korte opnames van 1 of 2 minuten. Eventuele verstoorde beelden door onvoorziene beweging van de telescoop, of door vliegtuig- of meteorsporen kunnen dan achteraf bij het samenvoegen weggelaten worden.

Een verrassend geval is de planetaire nevel Messier 27 (de Halternevel in het sterrenbeeld Vosje), zie fig. 11. Het blijkt dat bij een dergelijke groot object aan de hemel (een kwart van de volle maan) de kwaliteit nauwelijks minder is dan van opnames met veel grotere telescopen, zoals de 8,2 m VLT van de ESO sterrenwacht in Chili. Het voornaamste verschil is de diameter van de sterbeeldjes, die kleiner is bij de VLT. Bij veel kleinere objecten is het de seeing die uiteindelijk de hoeveelheid details begrenst, en zijn de verschillen met opnames met grotere telescopen dan ook veel ook groter dan bij M27.



Planetary Nebula NGC 6853 (M 27) - VLT UT1+FOR51

ESO PR Photo 38a/98 (7 October 1998)

© ESO - European Southern Observatory



Planetary Nebula Messier 27

Telescope: 50 cm mirror RCOS; Camera: FLI Proline 16803  
Exposure: H $\alpha$  (10x60 sec) + OIII (10x60 sec) + SII (10x60 sec)  
Seeing: 1.8"

© Anton Pannekoek Observatory, University of Amsterdam  
2010 May 17

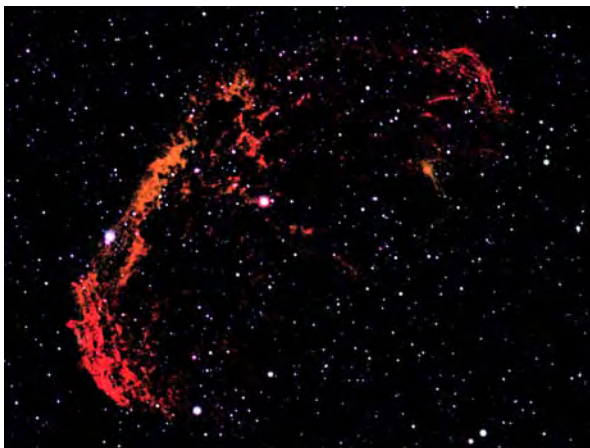
Fig. 11. Messier 27 (Halternevel) met de 8,2 m telescoop van de VLT in Chili vergeleken met een opname met de telescoop van het APO in Amsterdam. De VLT opname heeft kleinere sterbeeldjes vanwege de betere seeing.

## Stervormingsgebieden en emissienevels

Stervormingsgebieden zijn goed te herkennen aan waterstofemissie, zowel in  $H\alpha$  (rood) als in  $H\beta$  (blauwgroen). De Adelaarsnevel Messier 16 in het sterrenbeeld de Slang is daar een prachtig voorbeeld van, zie figuur 12 en 13.



*Fig. 12. Het stervormingsgebied Messier 16 (de Adelaarsnevel), in  $H\alpha$  (links) en een samengestelde opname in OIII,  $H\alpha$  en SII (rechts). Opname 29 mei 2010. Belichtingstijd 10 x 2 min per filter.*



*Fig. 13. NGC 6888, een emissienevel in het sterrenbeeld de Zwaan, gevormd door de sterke sterrenwind van de hete Wolf-Rayet ster WR 136 (midden). Dit is een samenstelling van opnames met 10 x  $H\alpha$ , 5 x O III en 5 x S II filters. Belichtingstijd 2 min per filter. Opname 21 mei 2010.*

## 3. Breedband fotometrie van sterrenhopen en sterrenstelsels

Net zoals bij fotografie van emissienevels smalbandfilters worden gebruikt om informatie om te zetten in kleur, waarbij de keuze van de kleuren vrij is, is dit ook het geval bij breedbandfilters bij het fotograferen van andere objecten. Door deze filters komt vanzelfsprekend veel meer licht, en de hemelachtergrond begint daardoor een rol te spelen, hetgeen de grens van de zwakste objecten bepaalt.

Traditioneel worden voor fotometrie (helderheidsmeting) de goed gedefinieerde Johnson filters  $U$ ,  $B$ ,  $V$ ,  $R$  en  $I$  gebruikt. De  $R$ ,  $V$  en  $B$  filters komen ruwweg overeen met de bekende  $RGB$  filters uit de kleurenfotografie. De meest gebruikte techniek is om een beeld op te nemen met een  $L$  filter (wit licht) dat het zichtbare deel van spectrum doorlaat met als doel om zoveel mogelijk licht binnen te krijgen, en dat vervolgens te combineren met beelden opgenomen met kleurenfilters, zoals  $R$ ,  $V$  en  $B$ . Het eerste beeld bepaalt de helderheid, terwijl de andere de kleurstelling bepalen. De breedbandfilter opnames zijn goed te iken om de helderheid van sterren te meten en  $UBVRI$  fotometrie is goed mogelijk. Professionele sterrenwachten wereldwijd gebruiken deze zelfde filters, waardoor vergelijking met andere metingen goed mogelijk is, na correcties voor de lichtbreking in de atmosfeer.



## Bolvormige sterrenhopen

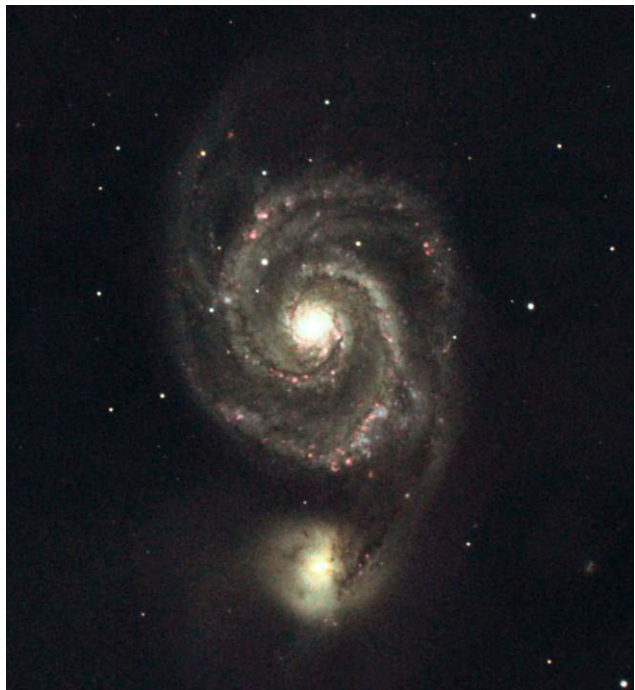
Bolvormige sterrenhopen bestaan uit tien- tot honderdduizenden sterren. Het zijn zeer oude objecten, waarin alle sterren tegelijkertijd zijn ontstaan. Hun verdere levensloop is bepaald door de massa bij de geboorte. Uit de theorie volgt dat de temperatuur van sterren afgeleid kan worden uit het kleurverschil van licht door twee verschillende filters. De dubbele opname in het *B* en *V* filter in fig. 14 is hiervoor gebruikt. Hier is met opzet gekozen voor veel opnames met een korte belichtingstijd om overbelichting in het centrum te voorkomen. Optelling van de beelden geeft dan een evenwichtig dynamisch bereik. Na ijking van de helderheid kan de afstand en de leeftijd van de bolhoop bepaald worden. Dezelfde methode kan ook op open sterrenhopen toegepast worden, die veel jonger zijn, en veel minder sterren bevatten. In de foto is geprobeerd het kleurverschil tot uitdrukking te brengen. Met een opname met een derde filter zou een betere kleurenfoto te construeren zijn, maar dat was niet het doel.



*Fig. 14. De bolvormige sterrenhoop Messier 92 in Hercules. Hier zijn de B en V filters gebruikt, waaruit de afstand en leeftijd van de sterrenhoop te bepalen is. Opname 28 mei 2010, beide filters 15 x 1 min.*

## Sterrenstelsels

Fig. 15 is een samengestelde foto van het spiraalstelsel Messier 51 van opnames in wit licht, met de breedbandfilters *B* en *V*, en met het smalbandfilter van  $H\alpha$  (rood). Deze laatste brengt gebieden met stervorming goed tot uiting. Hieraan is te zien dat stervorming en de donkere stofgebieden nauw aan elkaar verbonden zijn. De heldere spiraalarmen worden voornamelijk gevormd door de meest lichtkrachtige sterren die vanwege hun verkwistende energieverbruik en daardoor korte levensduur zich maar nauwelijks van hun geboorteplaats hebben kunnen verwijderen. Naar schatting bevatten dergelijke stelsels ca 100 miljard sterren. Fig. 16 toont een selectie van opnames van spiraalstelsels met verschillende vormen.



*Fig. 15. Het spiraalstelsel Messier 51 met begeleider (de draaikolknevel) in het sterrenbeeld de Jachthonden. De rode stervormingsgebieden zijn zichtbaar gemaakt door toevoeging van smalbandige  $H\alpha$  beelden aan de opnames met breedband filters. Belichtingstijd 15 x 1 min wit licht, 5 x 1 min met B, V en  $H\alpha$  filters. Opname 17 mei 2010.*



Fig. 16. Breedbandfilter opnames van sterrenstelsels. Boven: balkspiraalstelsel Messier 109 (afstand meer dan 50 miljoen lichtjaar) en Zonnebloemstelsel Messier 63. Beneden: spiraalstelsel Messier 101 (windmolenstelsel), en NGC 4565, een stelsel van de zijkant gezien. Wit licht en met R, V, en B filters, 10 x 1 min per filter. Opnames 5, 17 en 19 mei 2010.

#### 4. Roodverschuiving van sterrenstelsels

Een aantal eerstejaars studenten heeft het spectrum van sterrenstelsels opgenomen met de SGS spectrograaf, de lijnen geïdentificeerd en de roodverschuiving gemeten. Dit alles in het kader van een project. De belichtingstijd liep op tot 1 uur, waarin de ingangsspleet precies op het stelsel gehouden moest worden, bij gebrek aan een geschikte volgster (zie fig. 18). Om te corrigeren voor de dominant aanwezige hemelachtergrond en de ruis (fig. 19), was nog een opname van 1 uur nodig. Voor M104 werd een recessiesnelheid van 1100 km/s gemeten, in overeenstemming met de waarde die met de 5m Hale Telescope op Mount Palomar is bepaald. (Opname en analyse Adri Duivenvoorden en Niki Klop).



Fig. 17. Messier 104 (Sombrero nevel) in het sterrenbeeld de Maagd. Opname in wit licht, R, V en B filters, elk 10 x 1 min op 18 mei 2010.

Fig. 18. Beeldveld van M104 met de spleet van de SGS spectrograaf tijdens de belichting van 1 uur op 5 juni 2010.

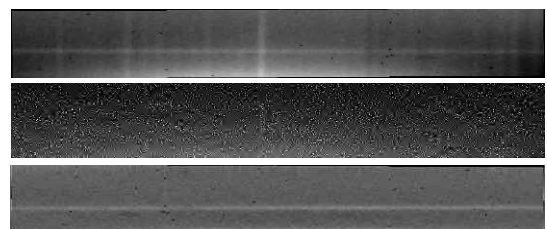


Fig. 19. Spectrum van M104. (a) Belichting van 1 uur, met hemelachtergrond, (b) Dark opname van 1 uur om te corrigeren voor de ruis, (c) spectrum met ruis en achtergrond verwijderd, geschikt voor verdere analyse.



Fig. 20. Spiraalstelsel Messier 81 in de Grote Beer. Opname in wit licht, R, V en B filters, elk 5 min op 5 mei 2010.

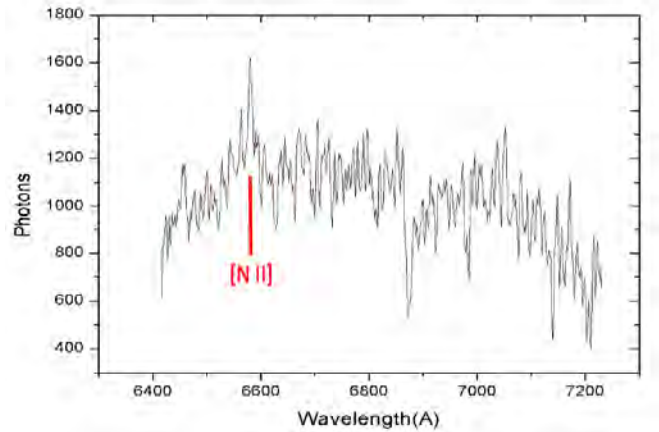


Fig. 21. Spectrum van M81 met identificatie van de sterkste lijn. Opname van 30 min op 5 juni 2010.

Ook de metingen aan het spectrum van het spiraalstelsel Messier 81 in de Grote Beer blijken binnen de meetfout overeen te komen met de bekende waarde, hetgeen vertrouwen geeft in de instrumentatie en verwerking. Zie fig. 20 en 21. (Opname en analyse Duco Bouter en Sarah Brands).

Het spectrum van het onregelmatige stelsel Messier 82, waarbij de ingangsspleet over de lengterichting was geplaatst, gaf scheefstaande emissielijnen te zien. Deze konden geïdentificeerd worden met  $H\alpha$ , en met de verboden lijnen van [N II] en [S II]. Hieruit kon een roodverschuiving van 270 km/s worden bepaald, hetgeen volgens de wet van Hubble overeenkomt met een afstand van 3.5 Megaparsec, ofwel 11 miljoen lichtjaar.

Uit de scheefstand van de spectraallijnen werd de rotatiesnelheid van dit stelsel berekend. Hieruit kon de massa van de kern van dit stelsel worden bepaald op 20 miljoen zonsmassa's. Zie fig. 22 en 23. (Opname en analyse Daniël Hartkamp en Nanning Poelsma.)



Fig. 22. Het onregelmatige sterrenstelsel Messier 82 in de Grote Beer, dat een uitbarsting van stervorming ondergaat. Opname in R, V en B filters.

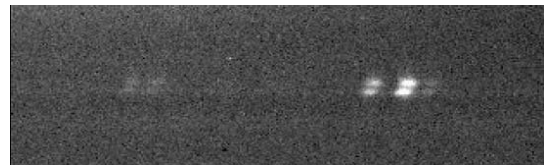


Fig. 23. Spectrum van M82, waarbij de spleet in de lengterichting over het stelsel is geplaatst. Uit de positie en de scheefstand van de lijnen kon een afstand van 11 miljoen lichtjaar worden afgeleid en een centrale massa van het stelsel van 20 miljoen zonsmassa's.

## Bediening op afstand en robotische planning

Alle apparatuur is erop gebouwd om CCD opnames geheel automatisch te laten uitvoeren op vooraf gekozen tijdstippen. Het spreekt voor zich dat deze voorziening de bruikbaarheid en efficiëntie van het observatorium zeer sterk verhoogt. Dit is een enorm winstpunt, zeker vanwege de wisselende weersomstandigheden en de beperkte tijd die studenten hebben, gezien hun normale dagrooster.



Al werken sommige onderdelen nog niet, de volgende stappen zijn vanaf het begin voorzien en ingebouwd.

De besturingssoftware (ACP) zal op de gezette tijd eerst het weerstation raadplegen of het voldoende onbewolkt is en er geen neerslag plaatsvindt. Zonodig zal tijdens een sessie de koepel automatisch gesloten worden, ook wanneer de PC zou uitvallen. De koepelbediening, montering, telescoopbediening, camera, filterwiel, en de videocamera om te volgen worden aangezet. De camera wordt gekoeld tot  $-40^{\circ}\text{C}$ . Na opening van de koepel wordt de spiegeldeksel geopend, de telescoop gericht, het beeldveld geïdentificeerd met behulp van de *Guide Star Catalogue*, de camera zonodig geroteerd, en vervolgens scherpgesteld met het gewenste filter, de seeing gemeten, de binning ingesteld, waarna het object gecentreerd wordt en de opnames beginnen. Voor ieder filter worden alle stappen vanaf het scherpstellen herhaald. Voor ieder object begint het programma opnieuw vanaf het richten. De koepel wordt alleen bijgedraaid tussen de opnames door. Wanneer de telescoop te ver door het zuiden heen zou draaien wordt van te voren de montering een halve slag geroteerd om beide assen om vastlopen te voorkomen. Indien gewenst kan in de avond- en/of ochtendschemering de nodige Dark en Flatfield frames gemaakt worden voor de calibratie. Voor dit laatste wordt een zo egaal mogelijk deel van de hemel geselecteerd, zonder heldere sterren. Na afloop worden de spiegel en de koepel gesloten, de camera opgewarmd en de apparatuur uitgeschakeld.



Fig. 24. Programmeerbare web interface (ACP) voor de besturing van de opnames. Alle functies van het observatorium kunnen van hieruit aangestuurd worden.

Een gebruiker op afstand kan via een programmeerbare webinterface (fig. 24) de status van alle stappen volgen, en krijgt het laatste beeld op het scherm, en zal zo nodig kunnen ingrijpen. Er wordt aan gewerkt om deze automatisering ook voor spectroscopie geschikt te maken. Het spreekt voor zich dat dit robotisch waarnemen zeer grondig getest moet worden.

## De zonnekoepel

In de zonnekoepel bevindt zich dezelfde montering als in de sterrenkoepel. Op een speciaal vervaardigde montageplaat zijn 3 telescopen geplaatst: de 10 cm Polarex refractor en de 16 cm Secia refractor van de voormalige sterrenwacht van de UvA op het Roeterseiland, en een 20 cm Schmidt-Cassegrain reflector (*Meade*), waarmee simultaan de zon bestudeerd kunnen worden. Het zonsbeeld wordt geprojecteerd op een scherm achter de 16 cm telescoop. Met een H $\alpha$  interferentiefilter (*DayStar*) achter de 10 cm refractor zijn protuberansen en andere verschijnselen op het zonsoppervlak door het oculair zichtbaar. Met een zonnfilter dat 100.000 keer verzwakt kan door de 20 cm telescoop de zon in wit licht bekeken en gefotografeerd worden. Deze telescoop kan ook 's nachts gebruikt worden met een aantal van de eerder genoemde instrumenten.





## Dank

Aan bovenstaande opnames hebben de volgende studenten meegewerkt: studentassistenten Frank Tramper en Ricardo Nicolaos Caballero, 3<sup>e</sup> jaars studenten Dirk Boonzajer-Flaes, Franka Buurmeijer, David Lutt, en Marthe Schut, en 1<sup>e</sup> jaars studenten Duco Bouter, Sarah Brands, Ed Buijs, Adri Duivenvoorden, Daniël Hartkamp, Niki Klop, Nanning Poelsma, Florian Stoel, Nils Vollenhoven en Ferdi Zoet. Bijzondere dank aan Drs. Bart Groeneveld voor zijn zeer gewaardeerde bijdrage via het ITS Lab.

Huib Henrichs, 3 november 2010

[h.f.henrichs@uva.nl](mailto:h.f.henrichs@uva.nl)









UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM