



**TURUN
YLIOPISTO**



NOT-koulu 2025

Turun yliopisto ja La Palma
31.10-1.11.2025 ja 7.-9.11.2025

FT Pasi Nurmi
Biodiversiteettiyksikkö, Tiedekeskus ja LUMA

TURUN YLIOPISTO | Biodiversiteetti

TIEDEKESKUS

TURKU



TURUN YLIOPISTO | Biodiversiteetti

**LOUNAIS-SUOMEN
LUMA-KESKUS**

TURKU

NOT-koulu (NOT=Nordic Optical Telescope)

- Toiminut jo usean vuoden ajan
- Viime vuosina sekä etähavaintokouluna, että fyysisenä NOT-vierailuna Kanarian saarille.
- Lukiolaisia ja opettajia ympäri Suomen
- Tavoitteena innostaa ja motivoida nuoria tieteen pariin ja antaa hands-on kokemus tieteen tekemisestä
- Tavoitteena myös kertoa mitä tähtitieteen tutkimus Suomessa on
- Kurssin järjestäjät: Pasi Nurmi (vastaava opettaja) ja Mikko Hanski (opettaja)
- <https://sites.utu.fi/luma/not-koulu/>

Mitä tehdään?

- 1-2 yötä havaintoja NOT-teleskoopilla
- Omien kohteiden ja tiedekohteiden havaitsemista
- 2 päivää tai matka
- Luentoja, oppimista, toisiin tutustumista jne.
- Tutustuminen Turun yliopistoon, matkalla teleskooppeihin ja saareen
- Datan käsittelyä ja tähtitiedettä, Linuxin käyttöä....jne

NOT

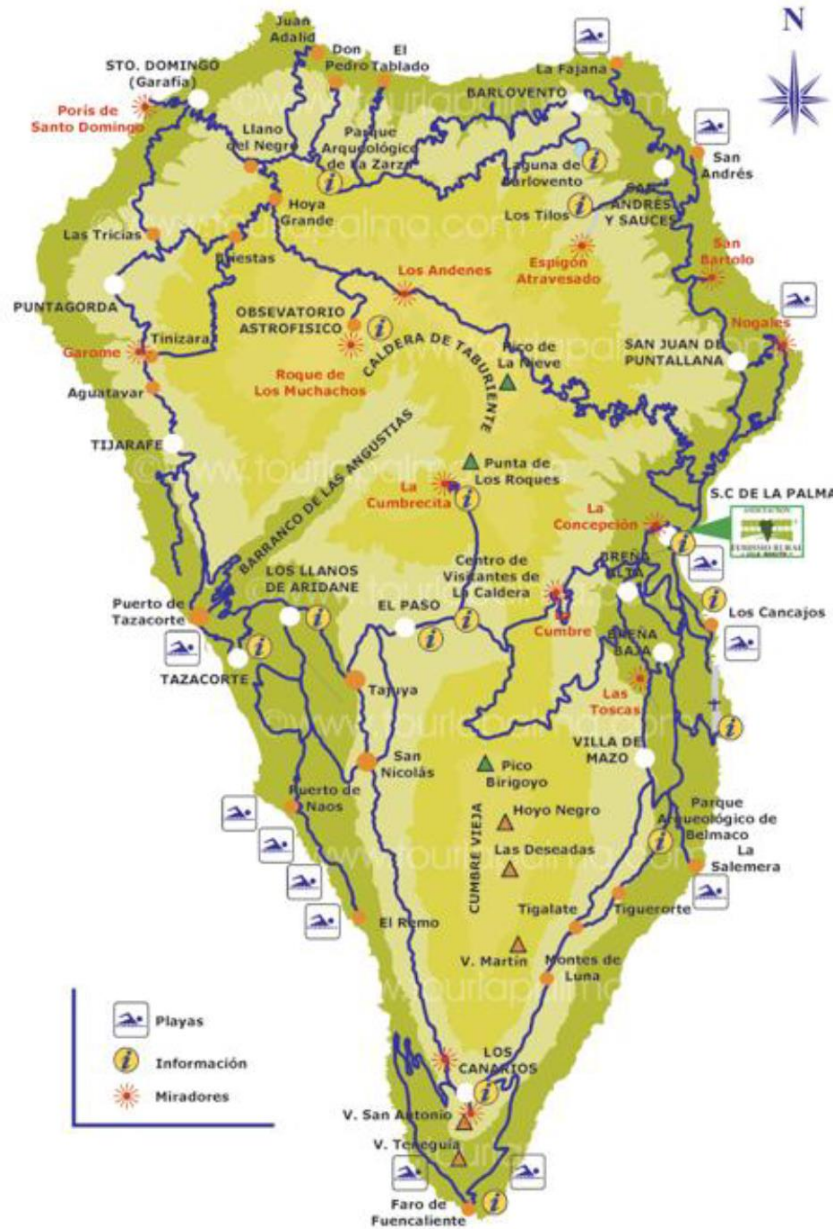
- Nordic Optical Telescope



Nordic Optical Telescope



Tenerifen provinssiin



- ◆ Pinta-ala: 706 km²
- ◆ Korkein huippu: 2423 m
- ◆ n. 85 000 asukasta
- ◆ Santa Cruz de La Palma (18 000 as.), Los Llanos de Aridane (20 000 as.)
- ◆ UNESCO Biosfäärialue







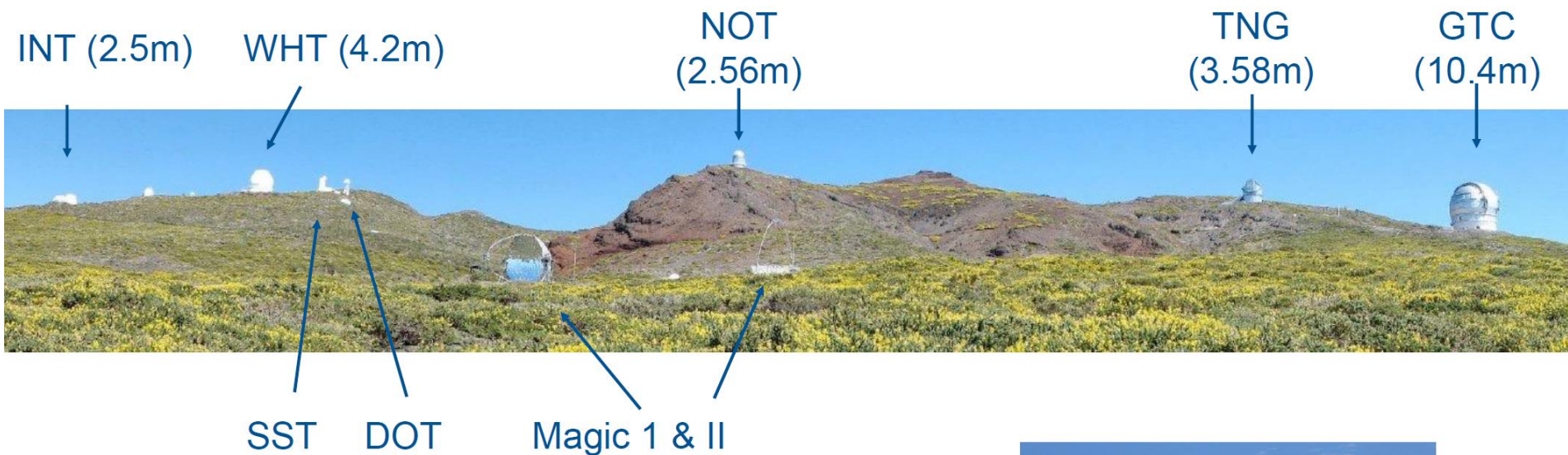


Nordic Optical Telescope (NOT)

- ★ Suomi, Ruotsi, Norja, Tanska ja Islanti
- ★ Ensivalo 1988
- ★ 2.56 m peili hiottu Tuorlassa



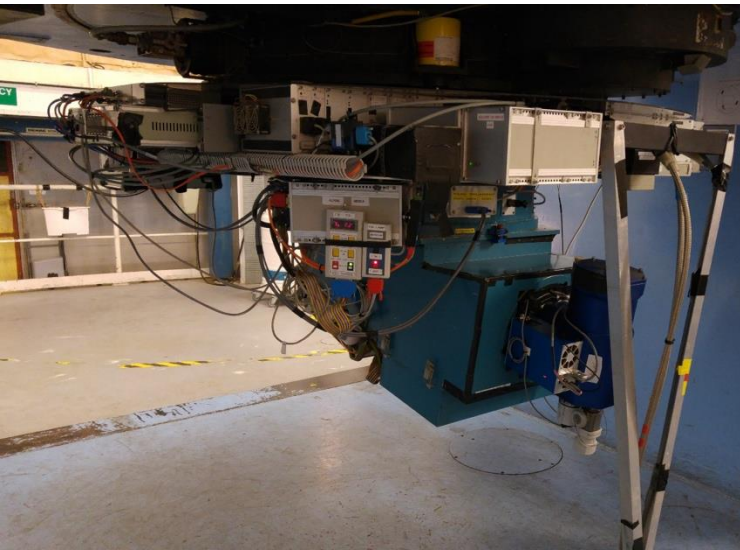
Observatorio del Roque de los Muchachos (ORM)



Lisäksi: Mercator,
Liverpool, SuperWASP,
KVA



Teknisiä tietoja kaukoputkesta



★ Ritchey-Chretien

★ M1: 2.56m

★ M2: 0.51m

★ Altatsimutaalinen pystytys

★ Aktiivinen optiikka



Havaintohuone



★ Teleskooppi
ja
instrumentteja
ohjataan täällä!



Telescope Control System (TCS)

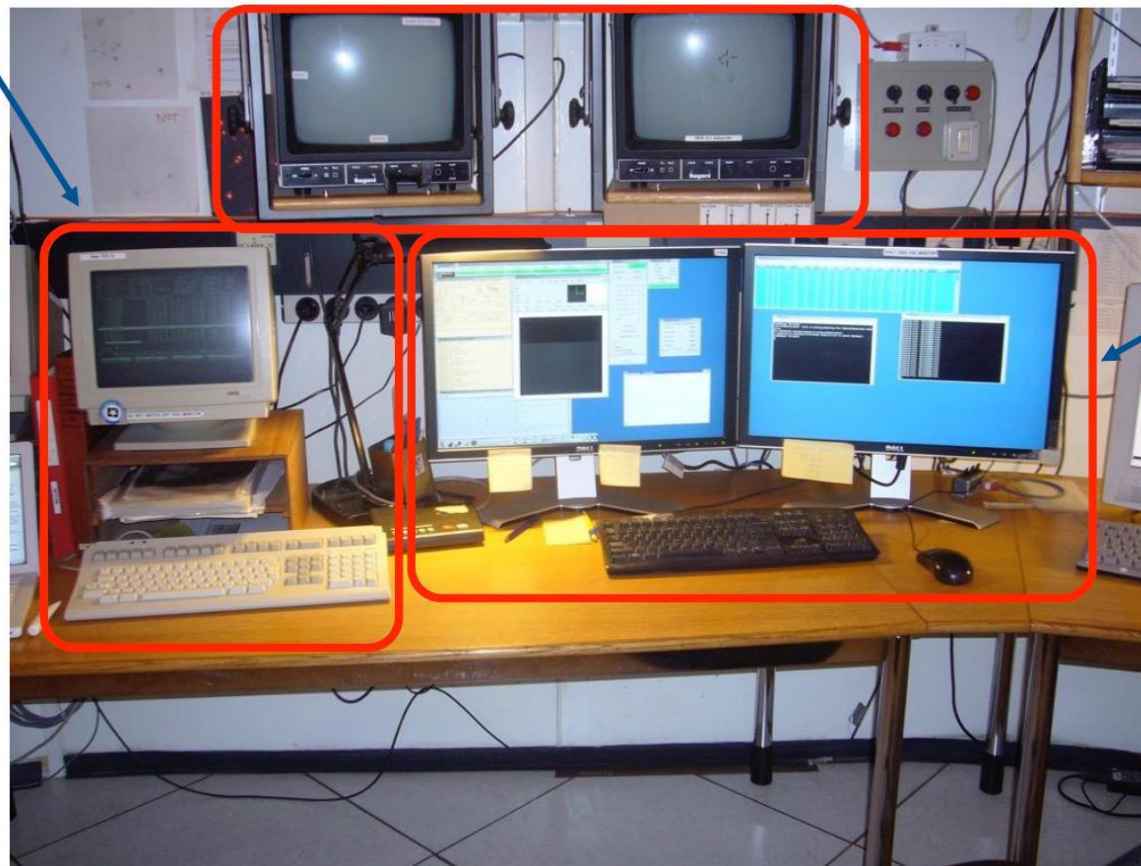
Ohjaintähden näkyminen kaukoputken tarkkan seurannan takaamiseksi

Autoguider screen

Teleskoopin ohjaaminen
Ja kohteiden valinta

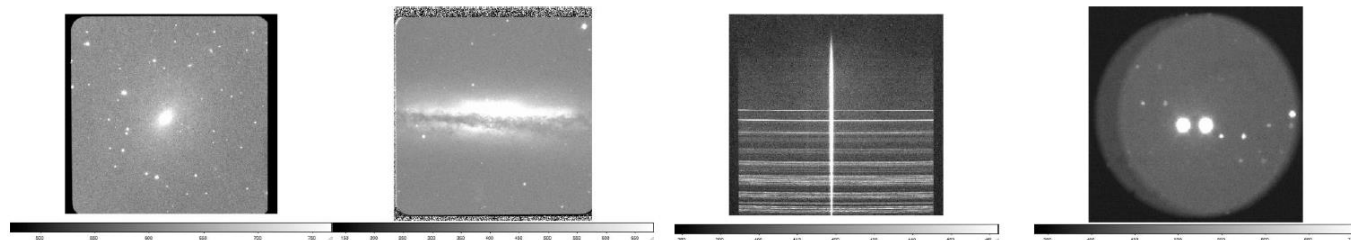
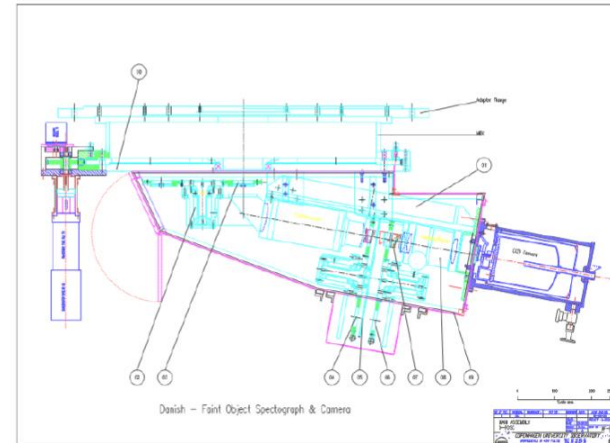
Instrumenttia
ohjaava
tietokone

Instrumentin käyttö eli
suotimien valinta,
valotukset yms.



Kurssilla käytetty instrumentti: ALFOSC

- ★ The Andalucian Faint Object Spectrograph and Camera
- ★ Kuvaus/fotometria, spektroskopia ja polarimetria



(ei käytetä kurssilla) **Muita instrumentteja:**

★ NOTCam: infrapuna-alueen instrumentti

★ StanCam: optinen standby kamera

★ FIES: korkean resoluution Echelle-spektrografi



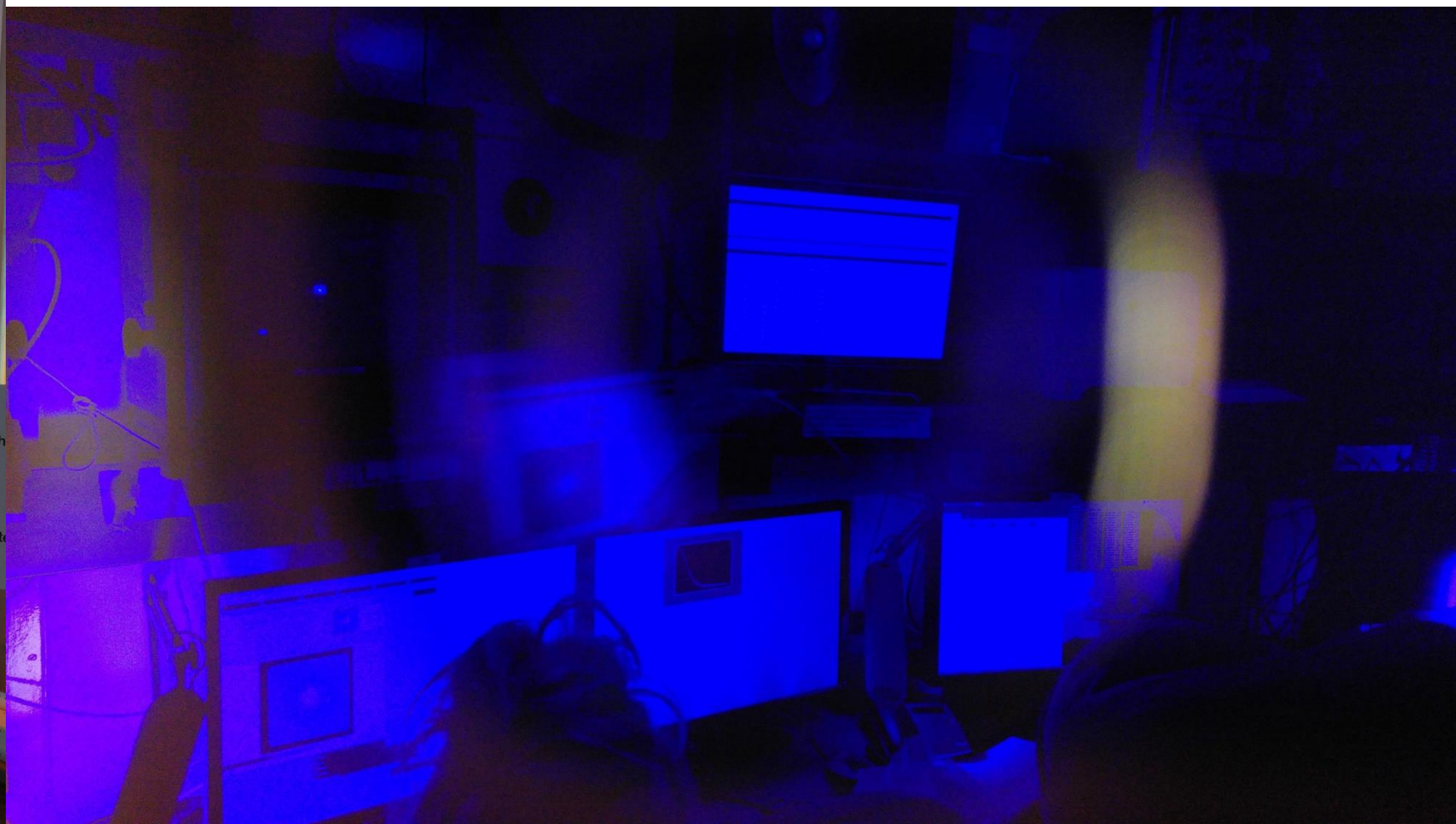
Erkki Kankare

Havaintoyön eteneminen

- ★ Saavutaan vuorelle iltapäivällä ja tavataan *support astronomer*, jonka kanssa käydään läpi käytännön seikat ovien lukitsemisesta teleskoopin käyttöön
- ★ Illallinen Residenciassa
- ★ Paluu teleskoopille ennen auringonlaskua
- ★ Teleskoopin käynnistys, kalibrointikuvien ottaminen
- ★ Havaitaan aamuun asti (ToO)
- ★ Suljetaan teleskooppi ja mennään nukkumaan

Etäkurssilla samat toiminnot, mutta soveltaen etähavaintoja ajatellen







Sää ei ole aina suosiollinen...

<http://www.not.iac.es/weather/>



Optiset havainnot ja kuvankäsittely

Kari Nilsson/Pasi Nurmi

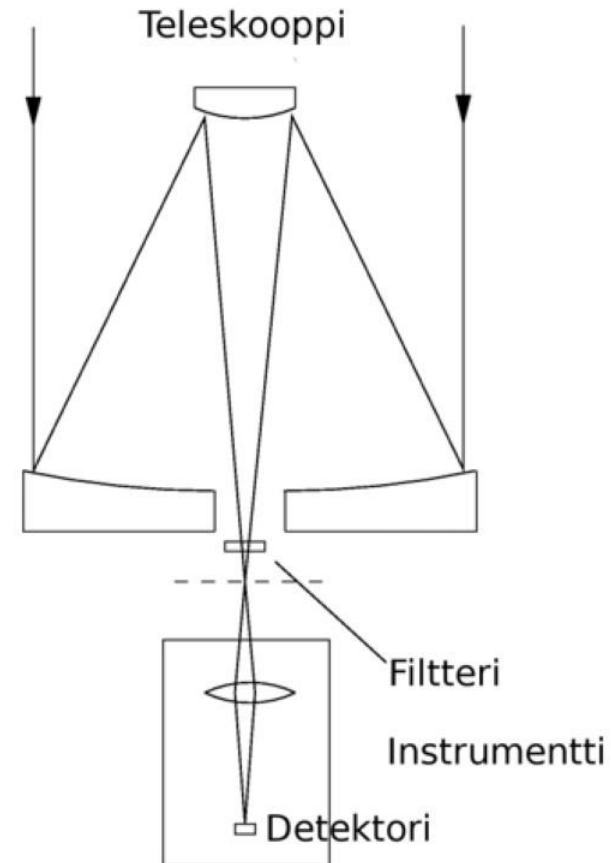
2025

Havainto-ohjelma

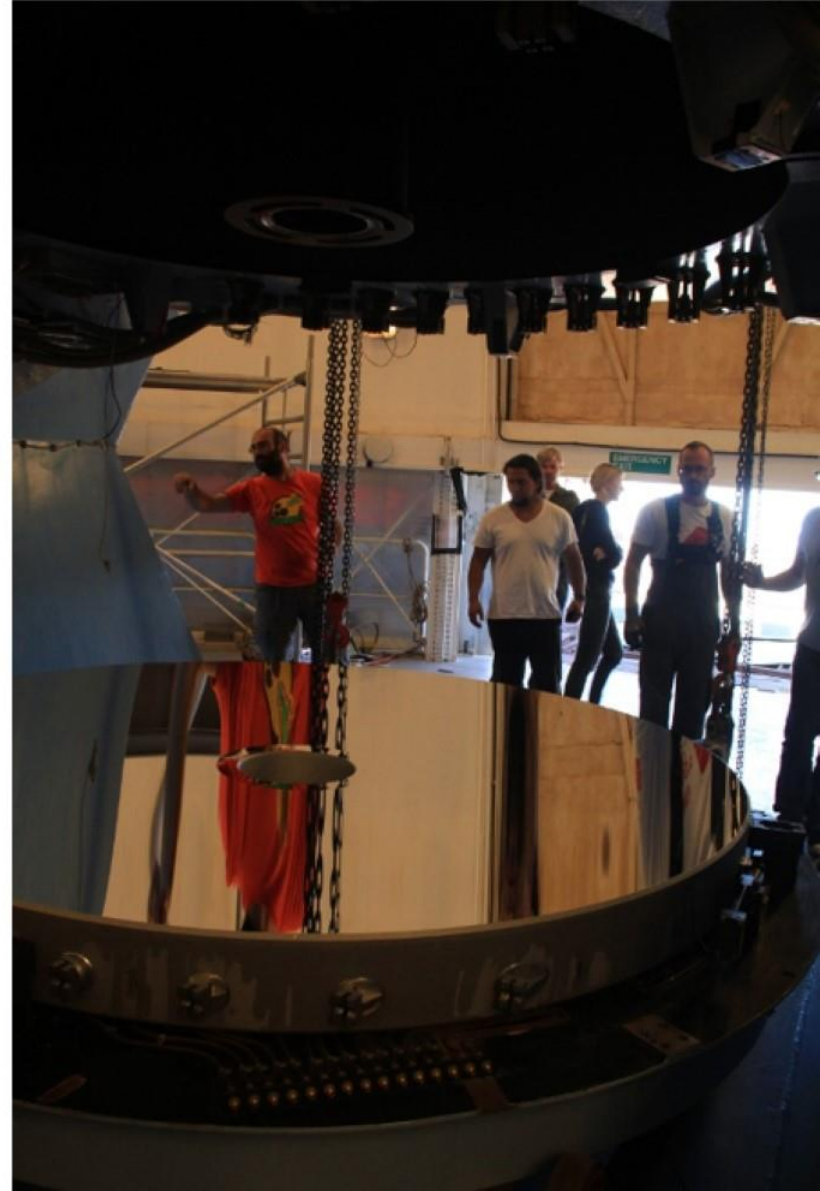
- Mihin kysymykseen halutaan vastata?
- Havaintojen suunnittelu
 - Mikä teleskooppi?**
 - Mikä instrumentti (kamera, spektrograafi, ...)?**
 - Paljonko tarvitaan havaintoikaa?**
 - Kohdeluettelo + koordinaatit.**
- Havaintojen toteutus
- Havaintojen jälkikäsittely ja tulkinta
 - kameravirheiden poistaminen**
 - tulosten raportointi.**

Havaintovälineet

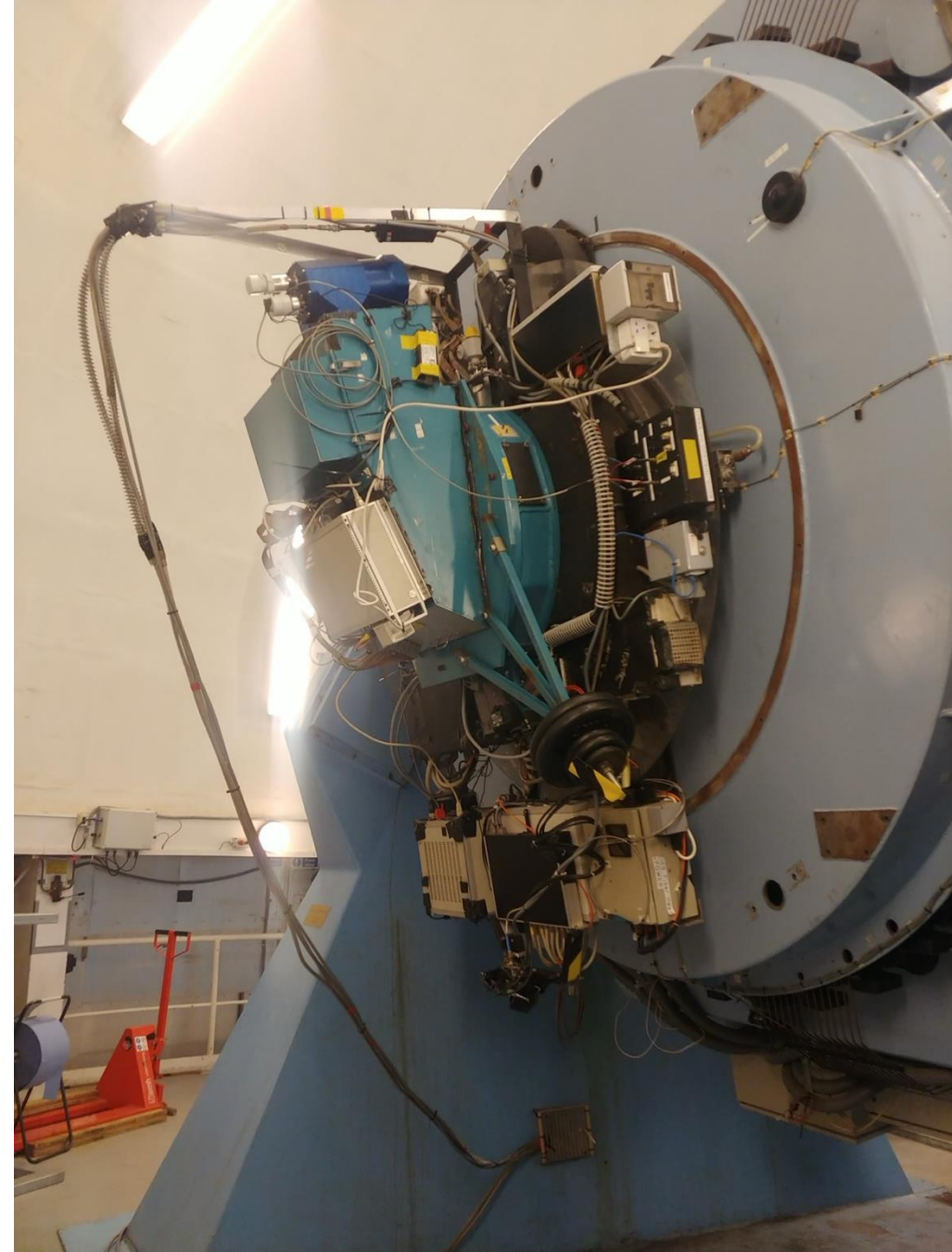
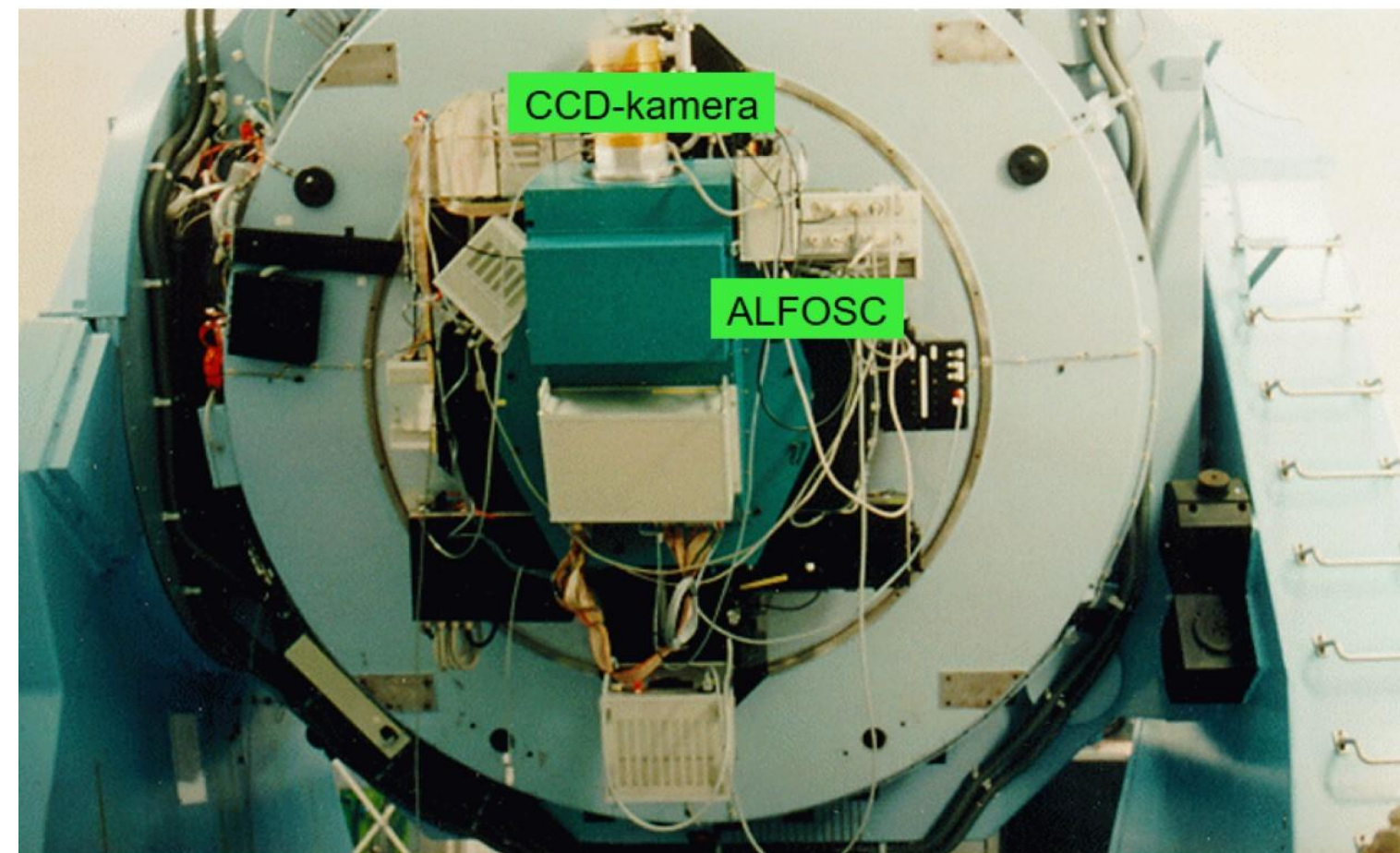
- Teleskooppi
 - kerää kohteesta mahdollisimman paljon valoa.
- Filtteri (suodin)
 - päästää läpi vain tietyt aallonpituudet (värit).
- Instrumentti
 - muokkaa valonsäteiden kulkua
- Detektori (esim. CCD-siru)
 - muuttaa valon sähköiseksi signaaliksi.



NOT-teleskooppi



ALFOSC



ALFOSC = "Andalucia Faint Object Spectrograph and Camera"

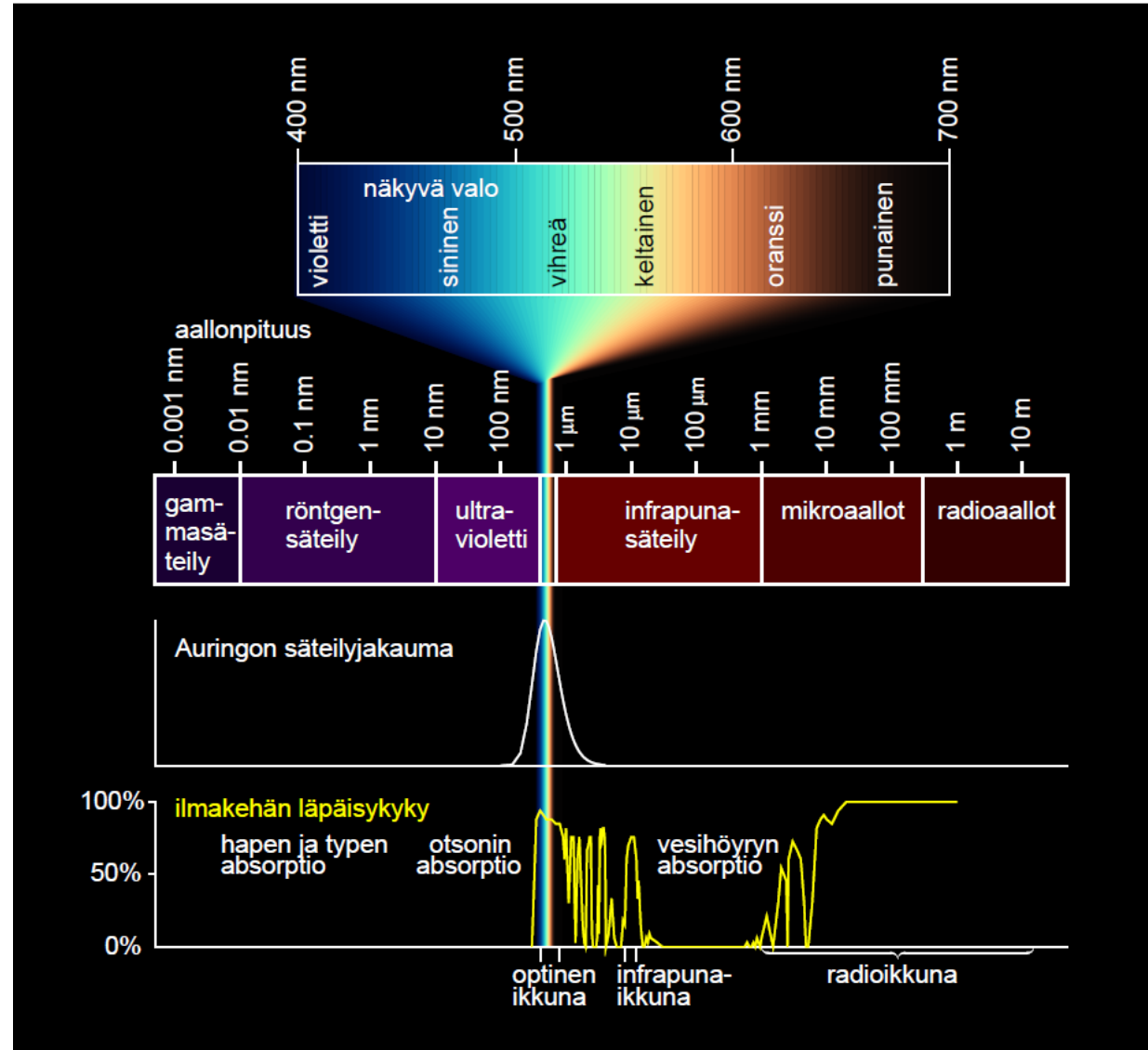
Ilmakehä

Service Building 1 Thursday 9/01/2014 07:34:03

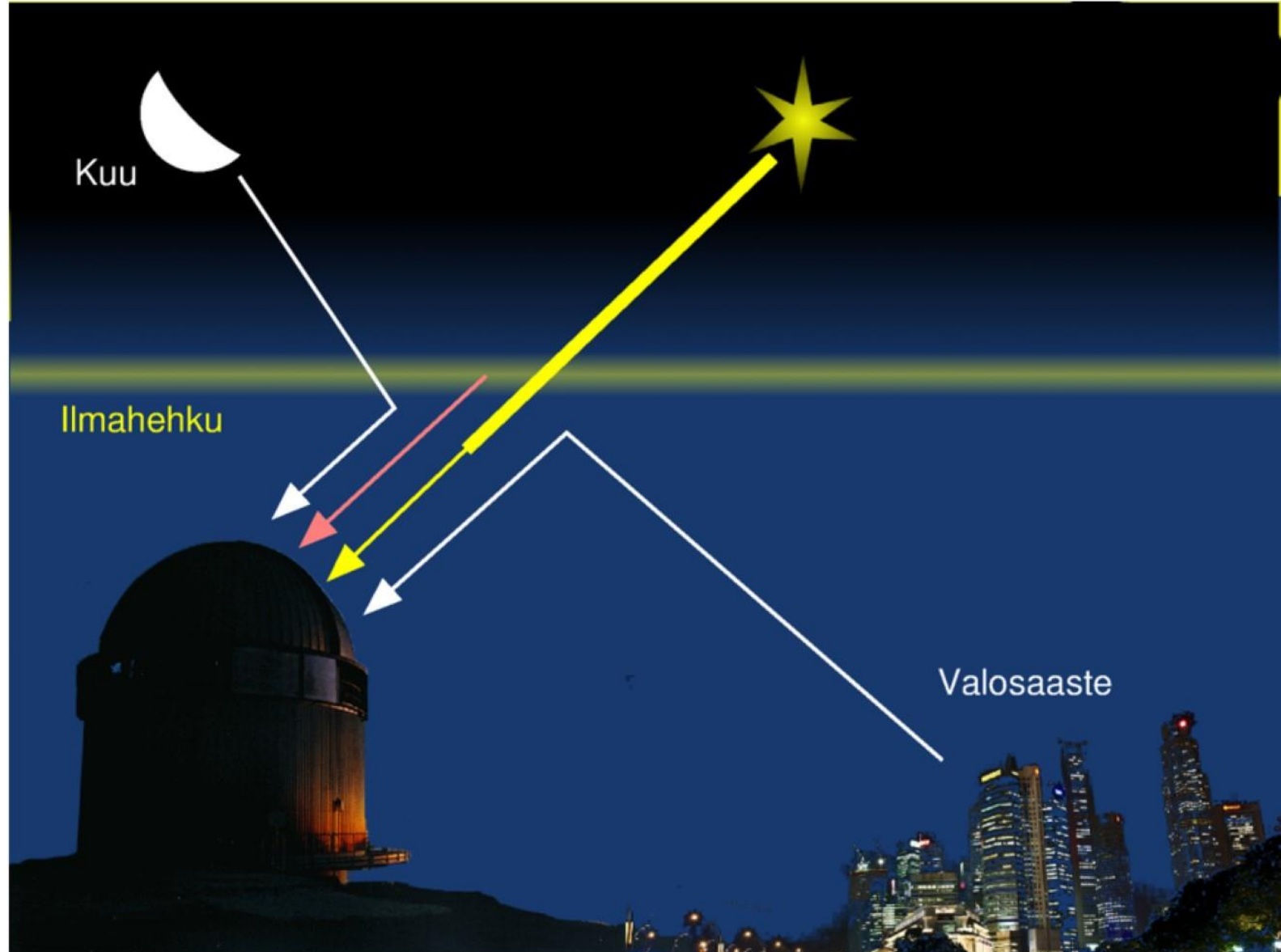


Kohteiden havaitsemisesta

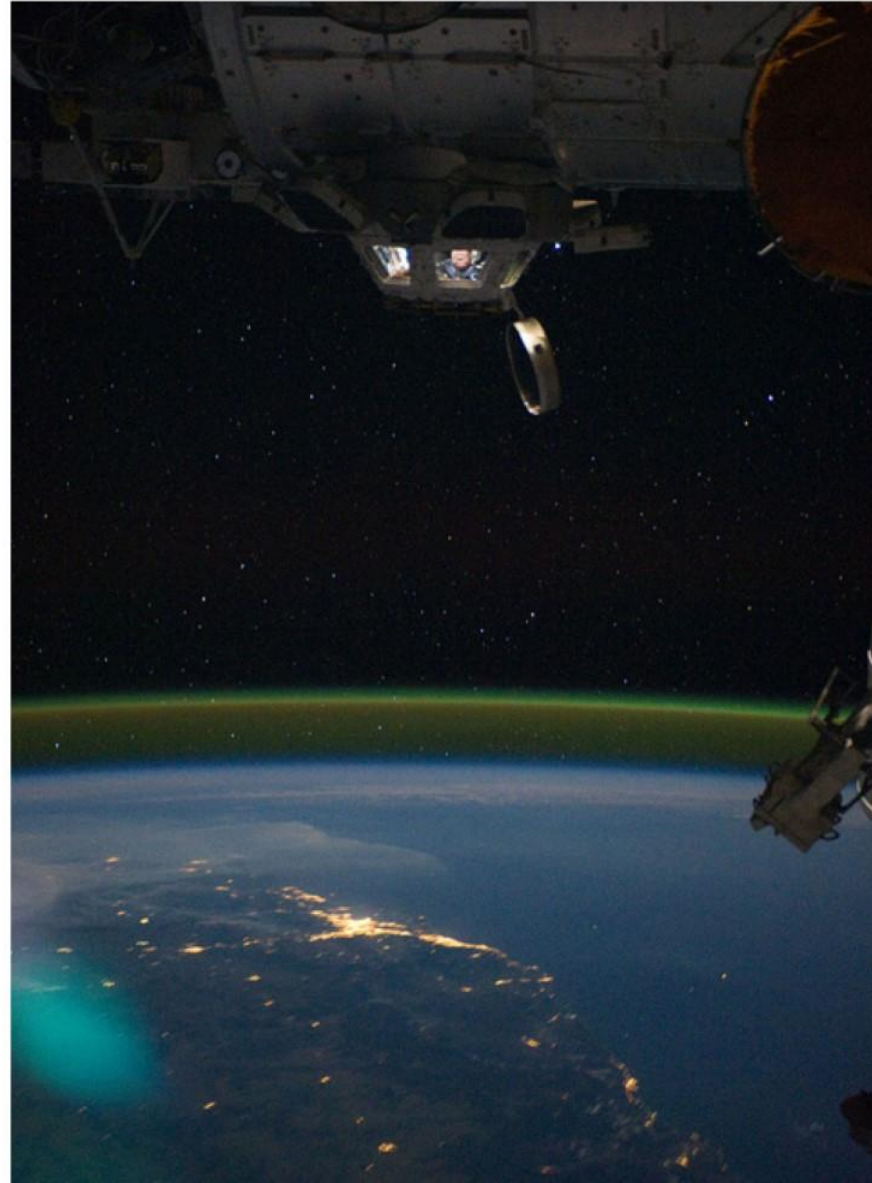
Ilmakehä estää suurinta osaa sähkömagneettisen säteilyn spektristä pääsemästä maanpinnalle. Tärkeimmät **havaintoikkunat** maanpinnalla ovat radioalueella ja kapeammassa optisessa ikkunassa.

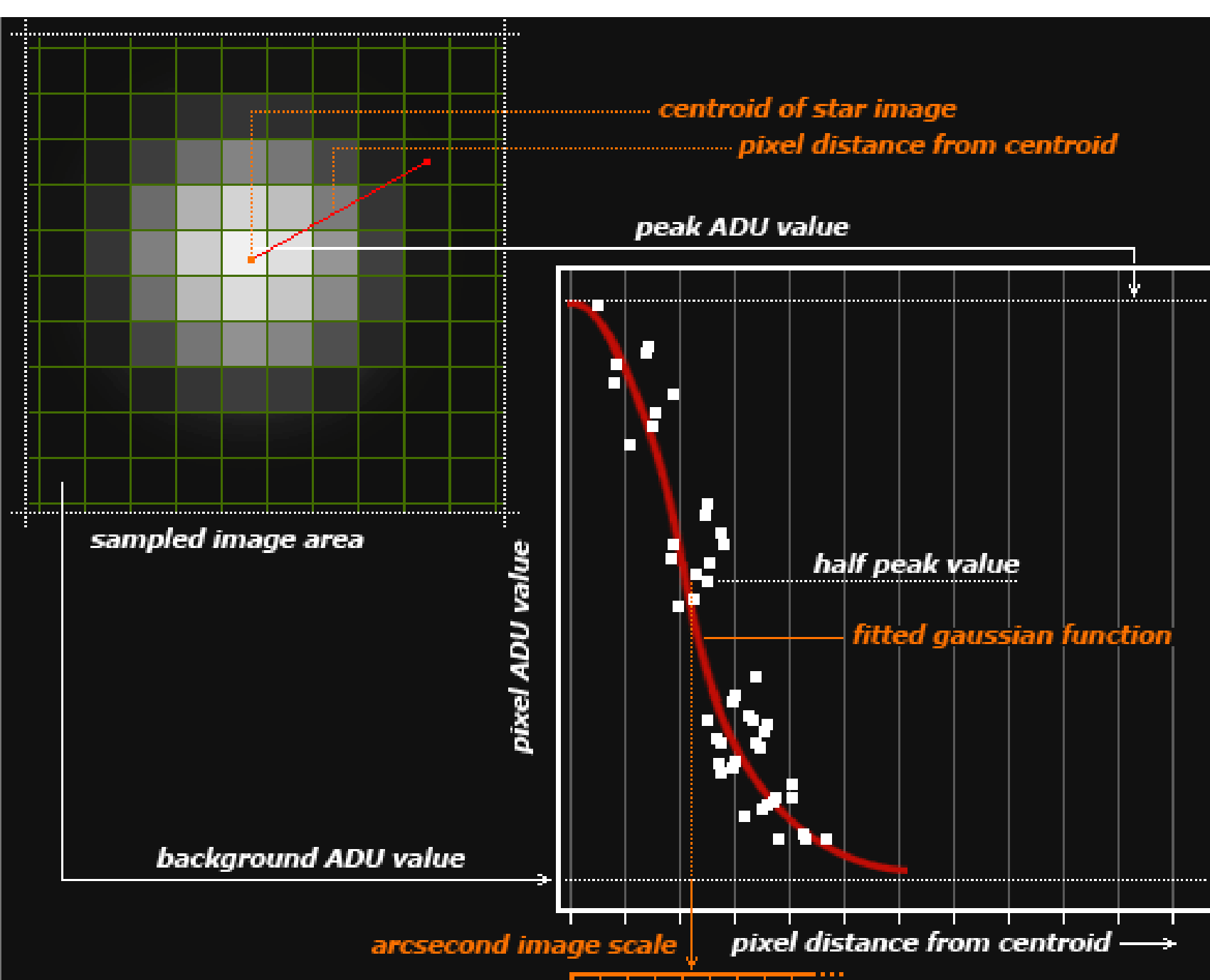
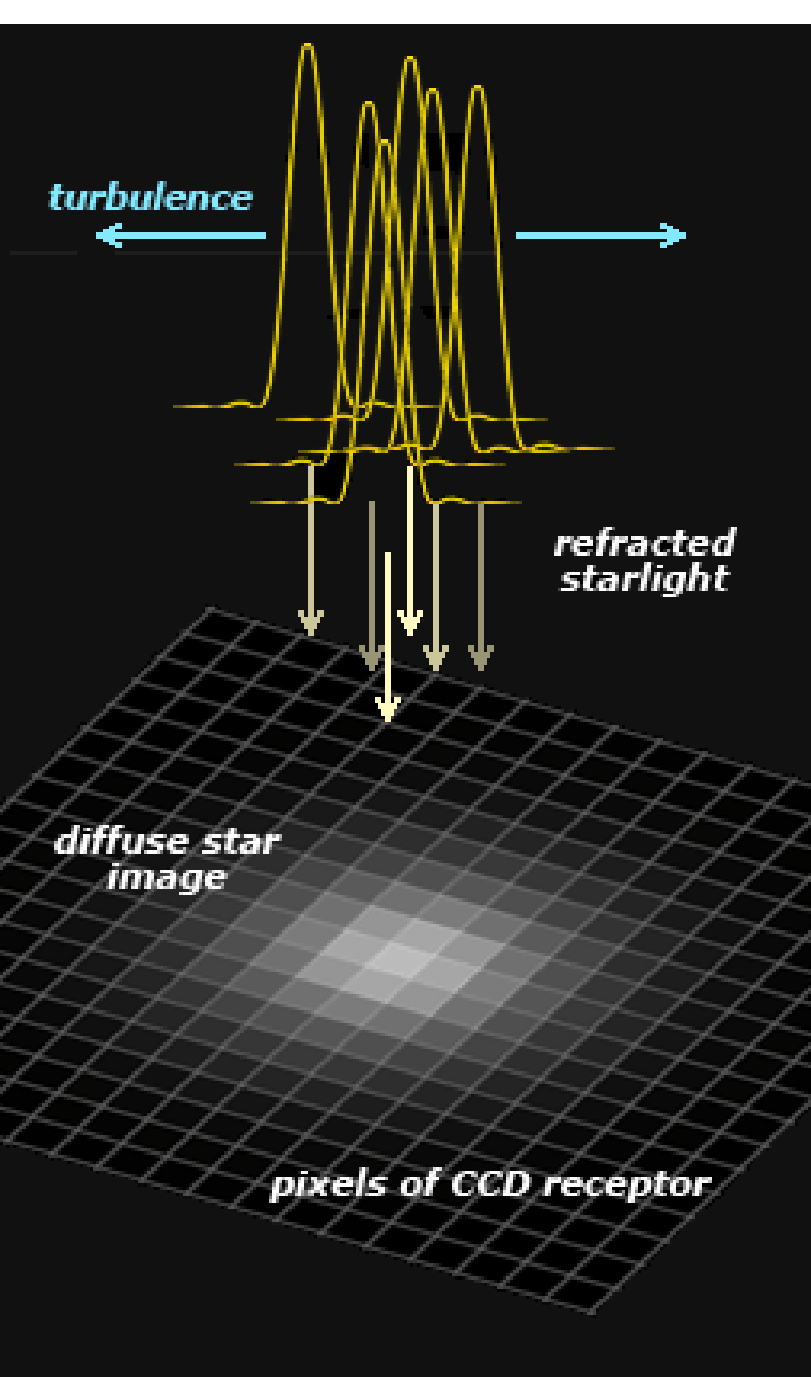


Emissio, absorptio ja sirota



Ilmahehku





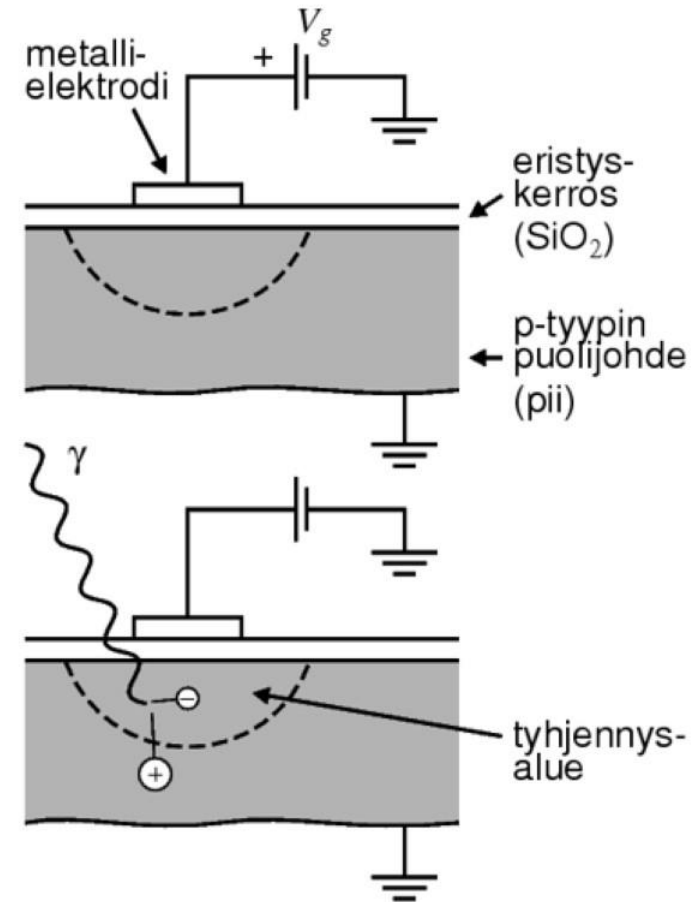
Pakoon ilmakehää

- Parhaat havaintopaikat ovat kaukana asutuksesta, korkealla (2500-3500m) ja kuivassa ilmastossa.

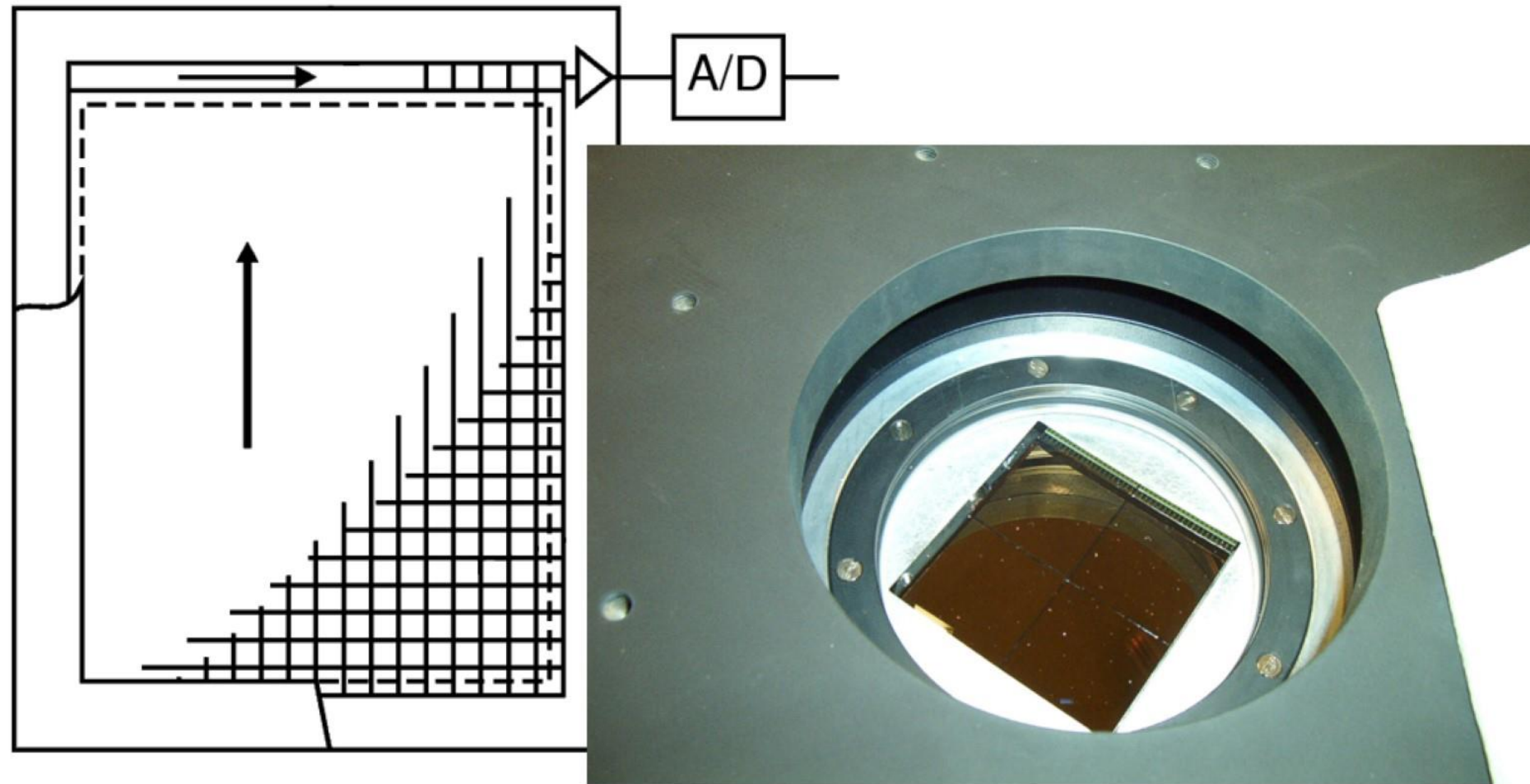


CCD-kamera

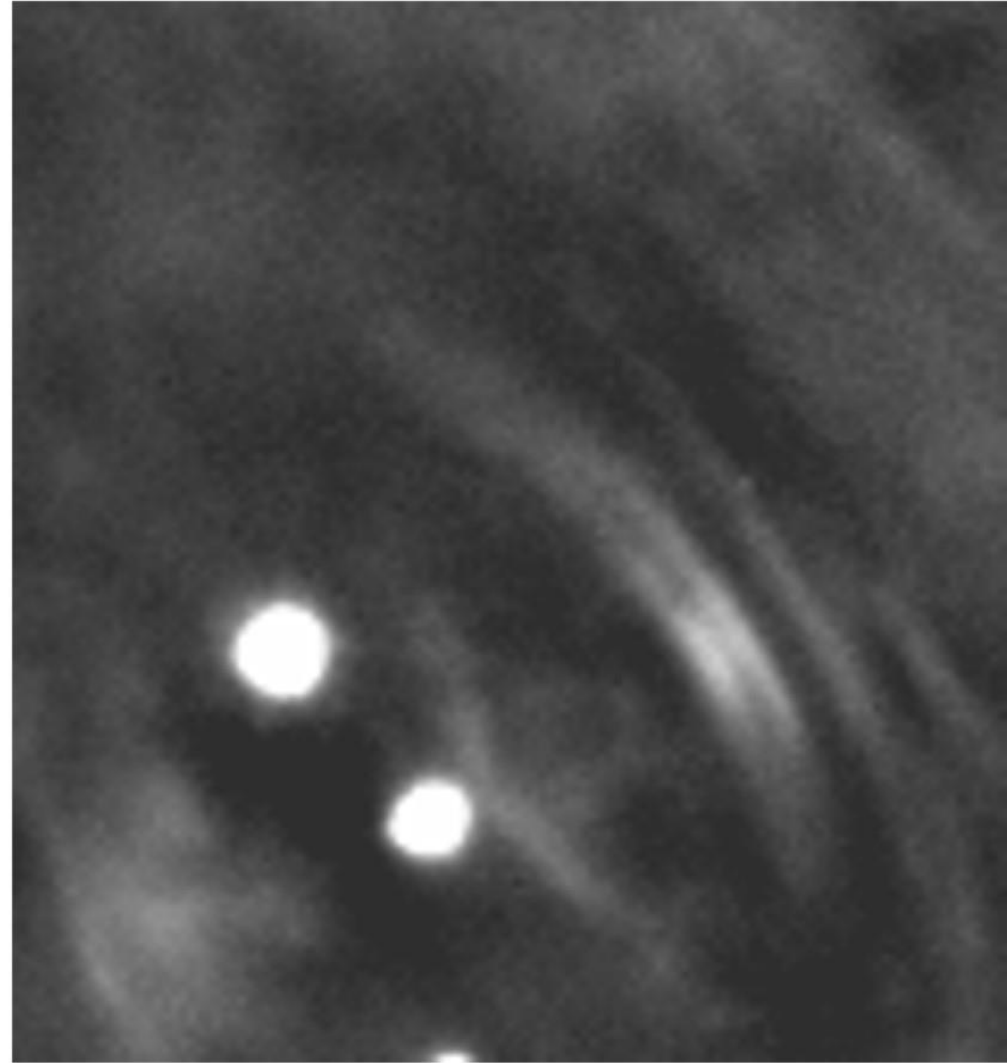
- CCD-siru muuttaa valon elektroneiksi, jotka sitten muutetaan sähköiseksi signaaliksi.
- Lineaarinen, eli havaittu signaali on suoraan verrannollinen CCD:lle osuneeseen valoon.
- “Mustavalkoinen”: kamera ei erota minkäväristä valoa siihen osuu.
- Värikuva saadaan aikaan ottamalla kuvia eriväristen suotimien läpi.



CCD-siru

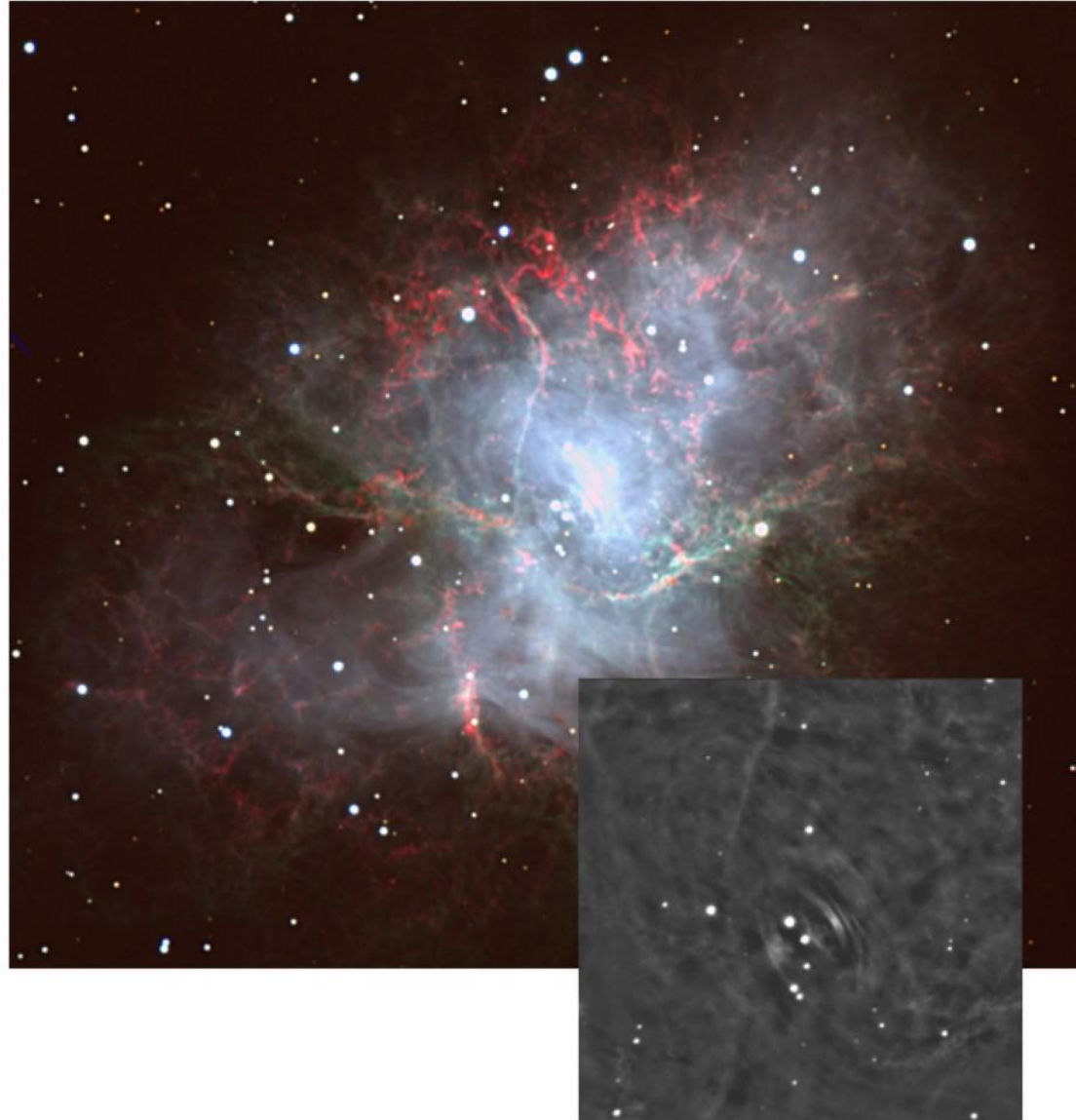


Zoomaus CCD-kuvaan



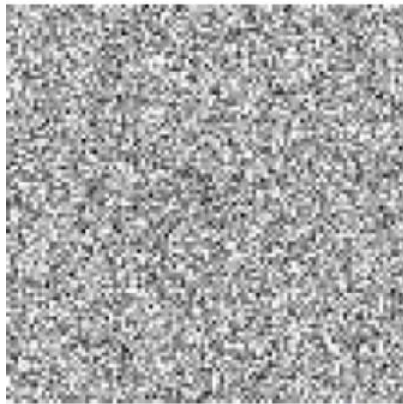
1. Mihin kysymykseen halutaan vastata?

- NOT-tiedekoulussa aihe annetaan valmiina, esim.
 - “kaunis värikuva galaksista X” tai...
 - miten Rapusumun säteily on polarisoitunut?

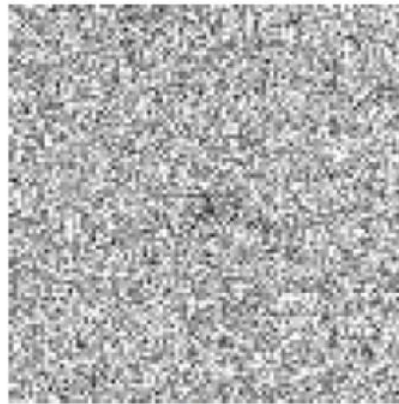


2.Havaintojen suunnittelu

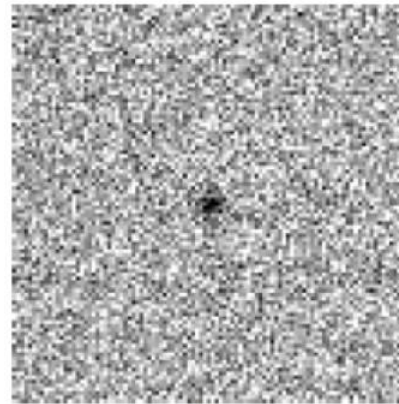
- Teleskooppi NOT
- Instrumentti: ALFOSC
- Havaintoaika: riippuu kohteesta. Tärkeimmät parametrit: suodin ja valotusaika:



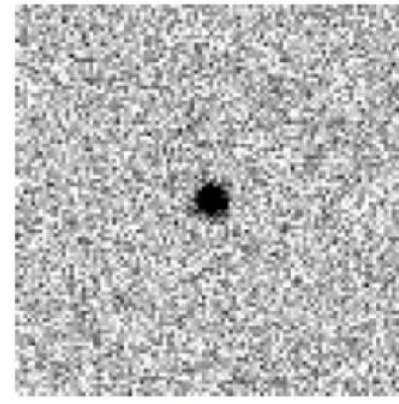
1s



4s

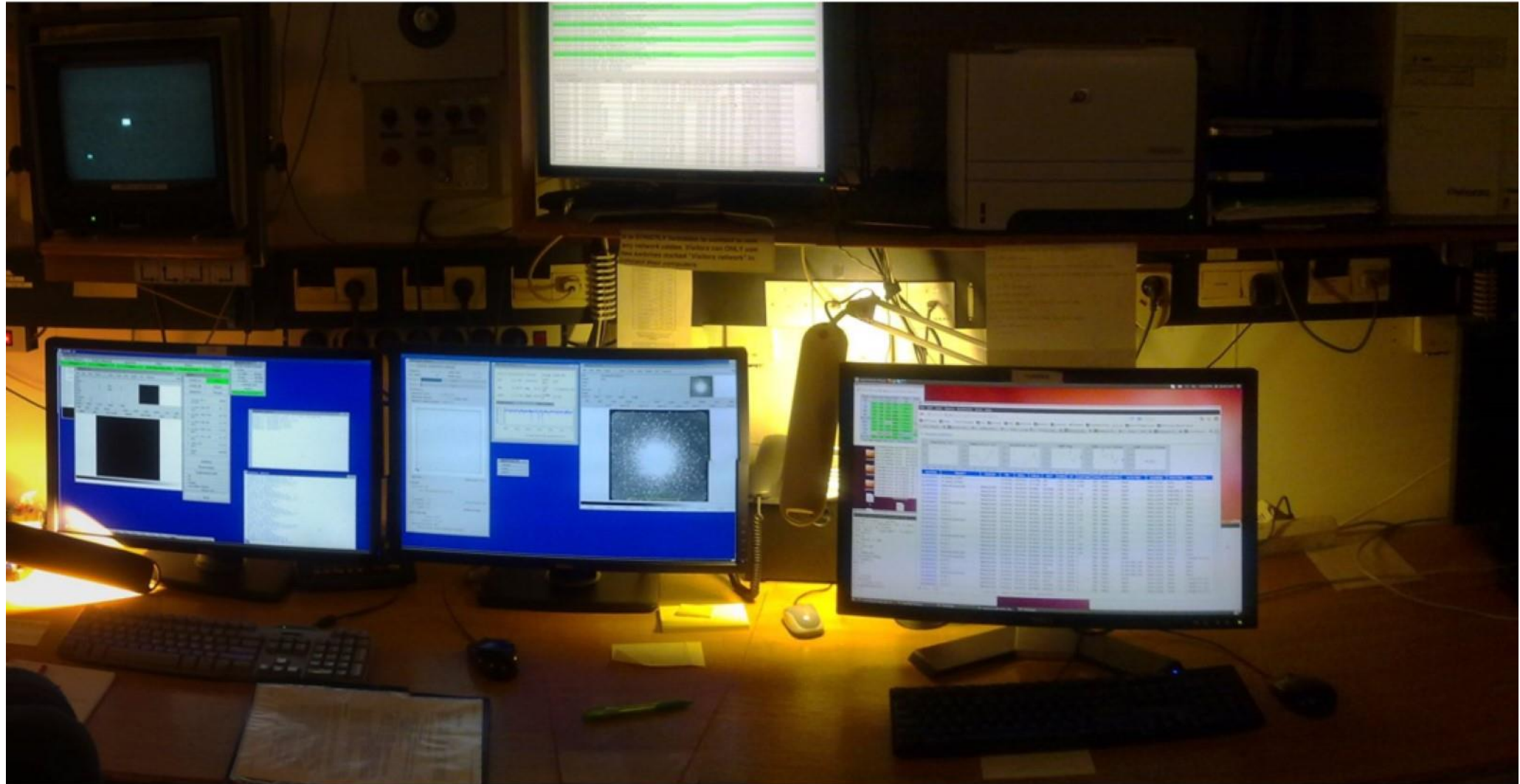


10s

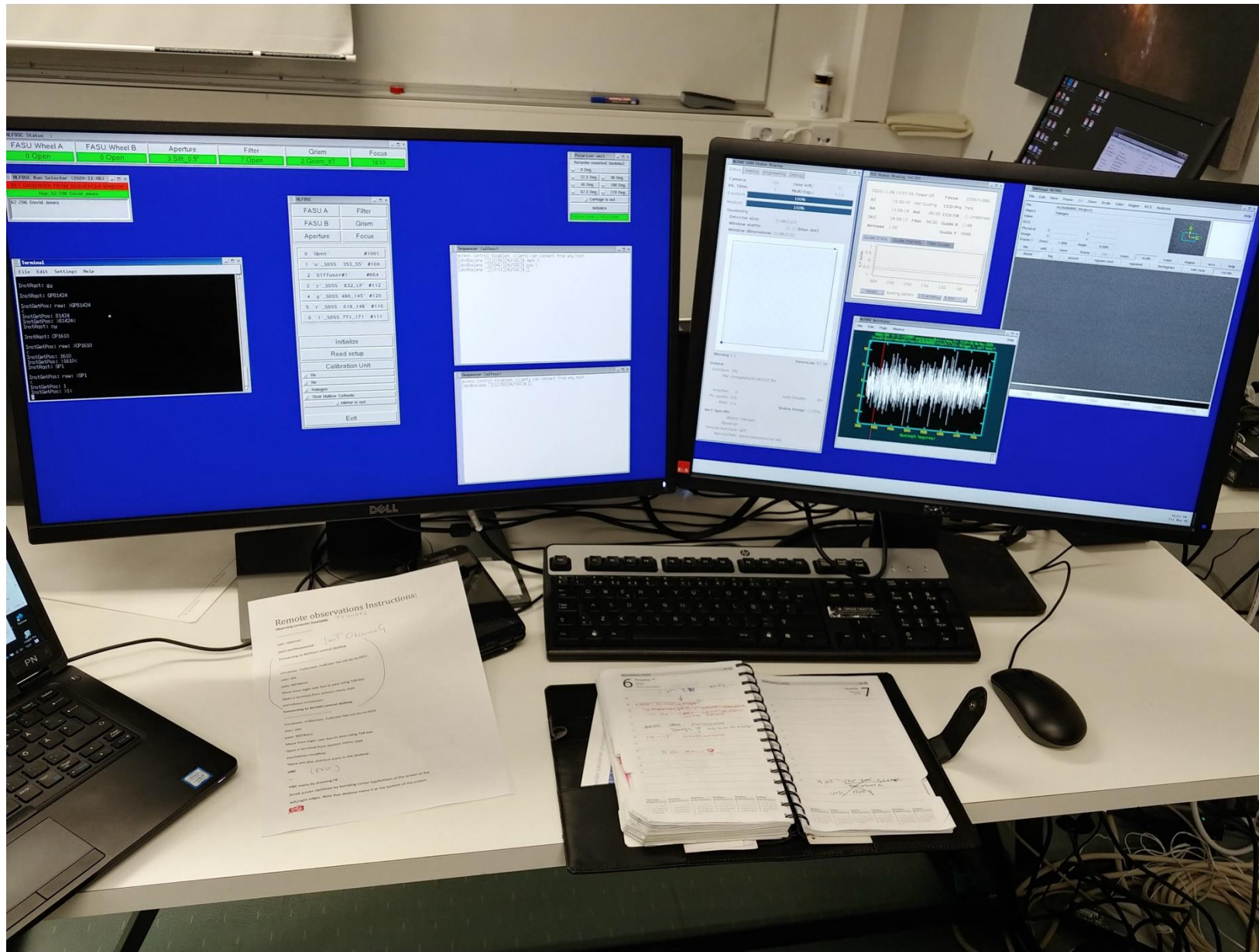


250s

3. Havaintojen tekeminen



...tai etänä havaintopöytä näyttää tällaiselta



4.Havaintojen jälkikäsittely

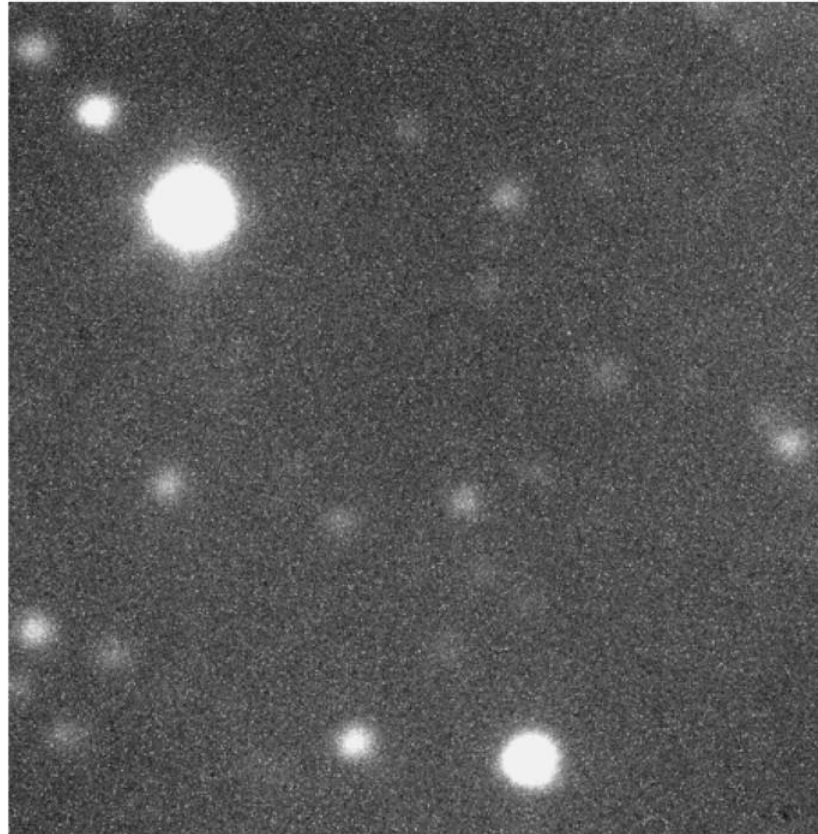
- CCD -kameran tuottama kuva ei ole käyttökelpoinen sellaisenaan, siinä on kamerasta aiheutuvia virheitä.
- Virheet voidaan (pääosin) korjata kuvankäsittelyllä, “redusoinnilla”.



Ugly data



Really Ugly Data



Kalibrointikuvat

- Kamervirheiden korjaukseksi otetaan:

- 10 kpl bias-kuvia

- 3-4 kpl tasoituskuvia (flat-field)

- Bias – kuvat

- Luetaan kuva CCD-sirulta ilman valotusta.

- Mittaa kameran nollatason, eli pikselien kirkkauden kun sirulle ei osu valoa.

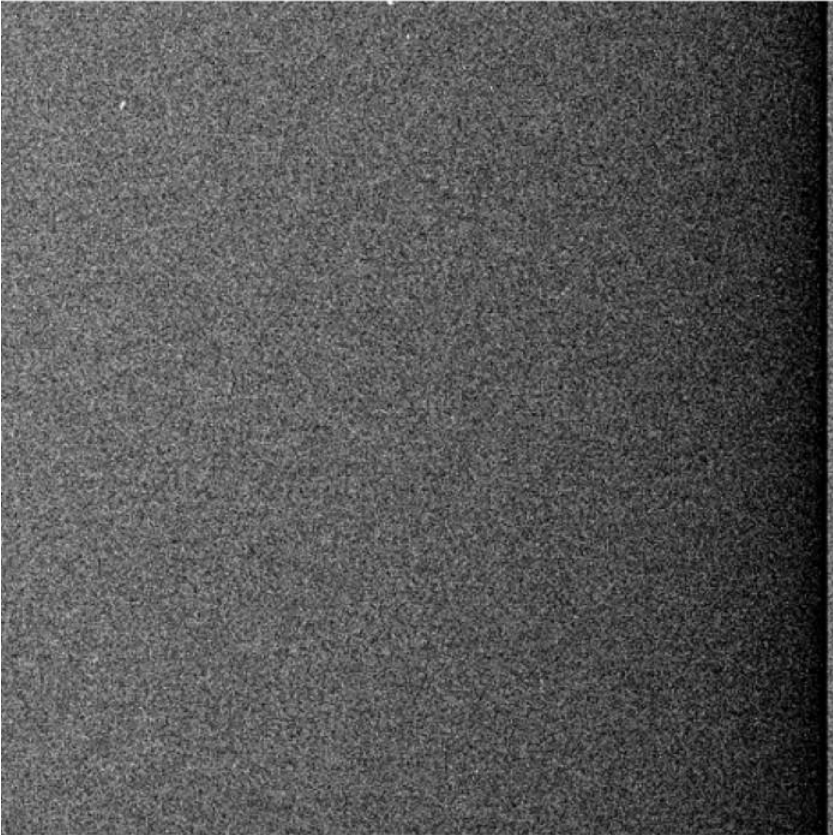
- Tasoituskuvat

- Kuvataan iltataivasta noin 15-20 min auringonlaskun jälkeen.

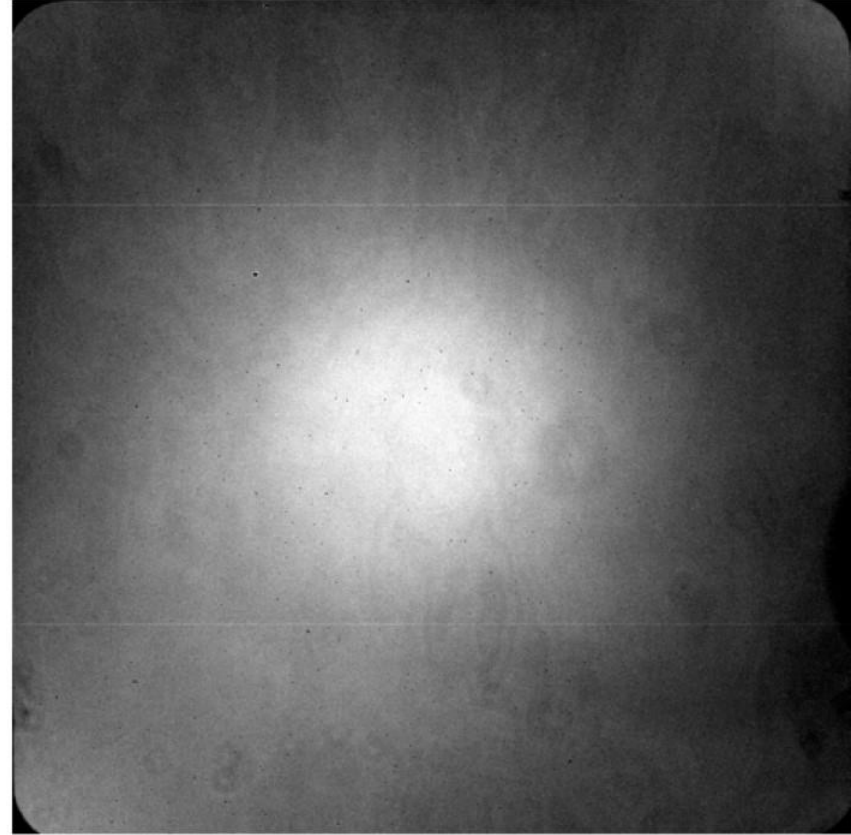
- Mittaa pikselien herkkyyssvaihteluita.

ALFOSC bias ja flat

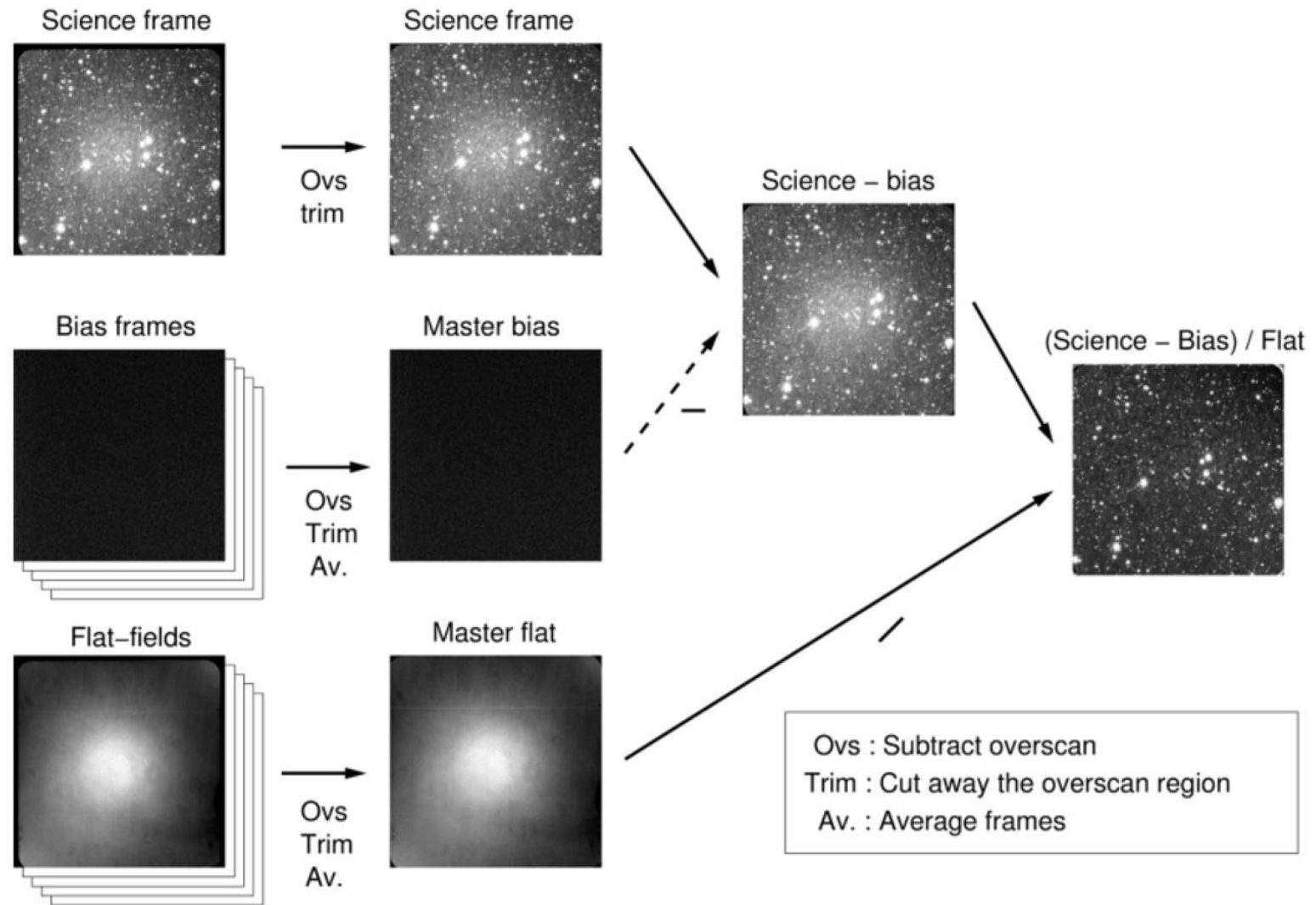
Bias: Luetaan CCD:ltä ilman valotusta



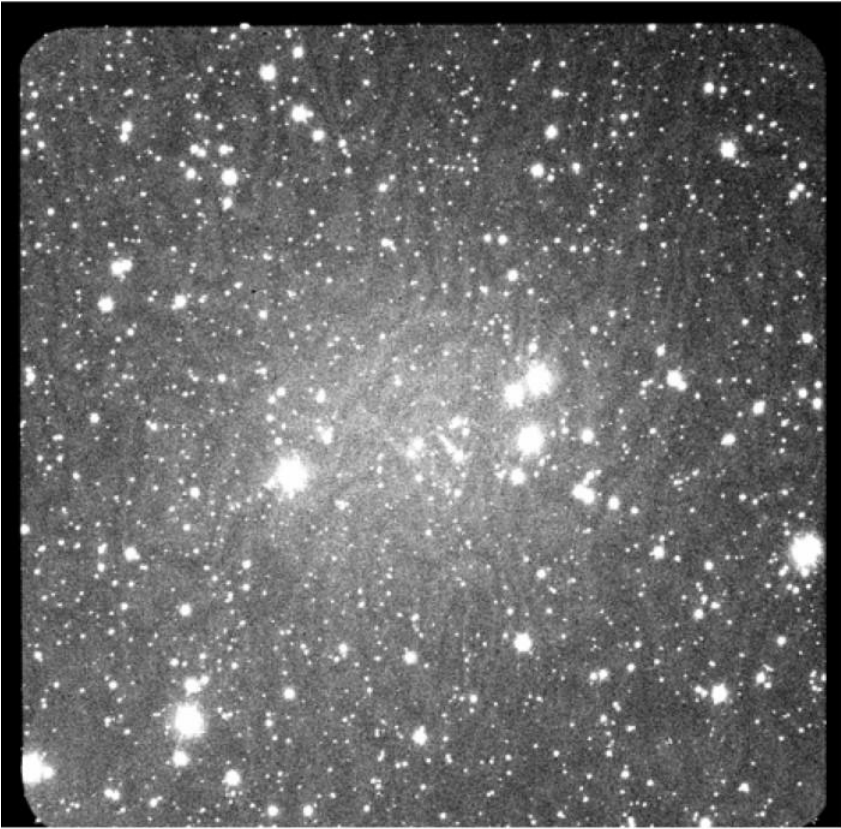
Flat-field kuva: Otetaan kirkkaasta taustasta (esim. ilta/aamutaivas) joka suotimella erikseen



Redusoinnin vaiheet

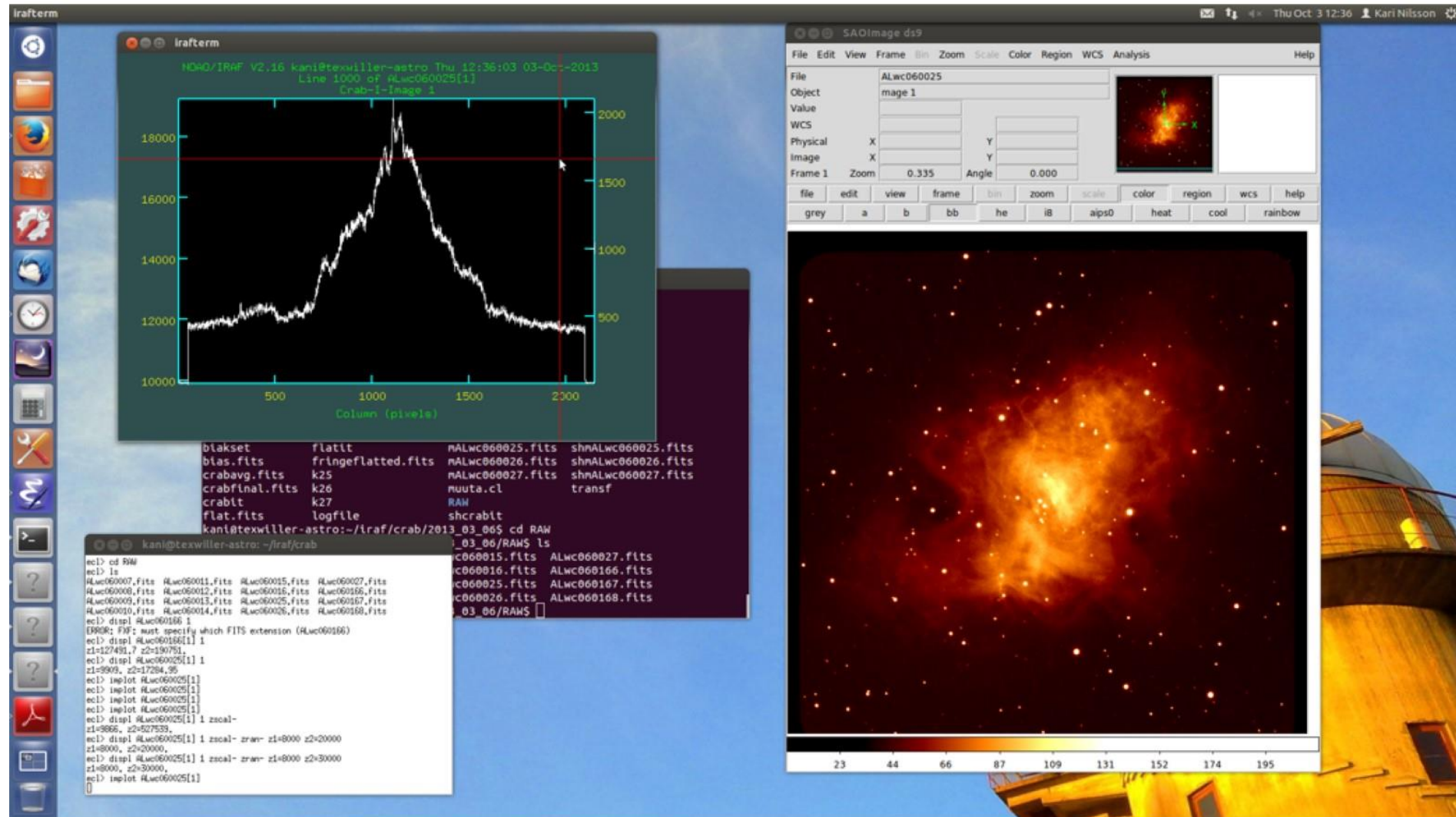


Ennen ja jälkeen



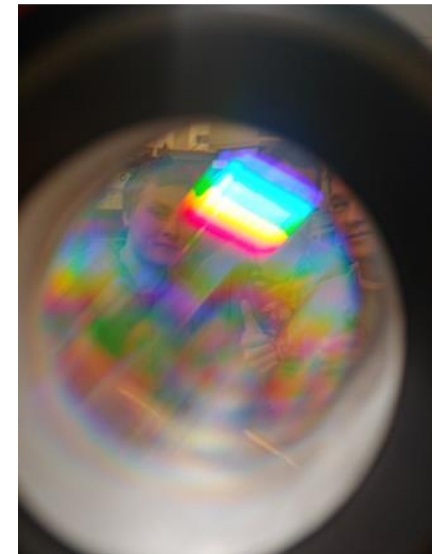
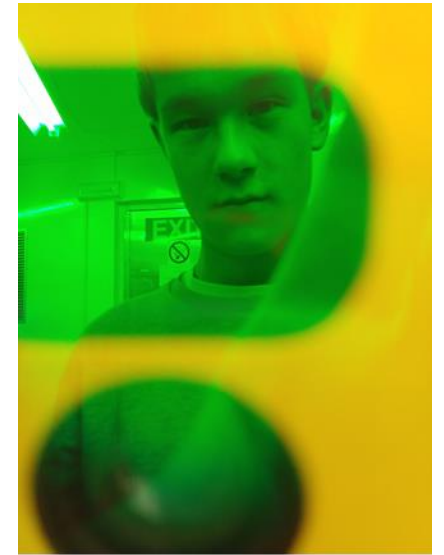
Ohjelmisto: IRAF

(tai joku muu. Meillä vähintään DS9)

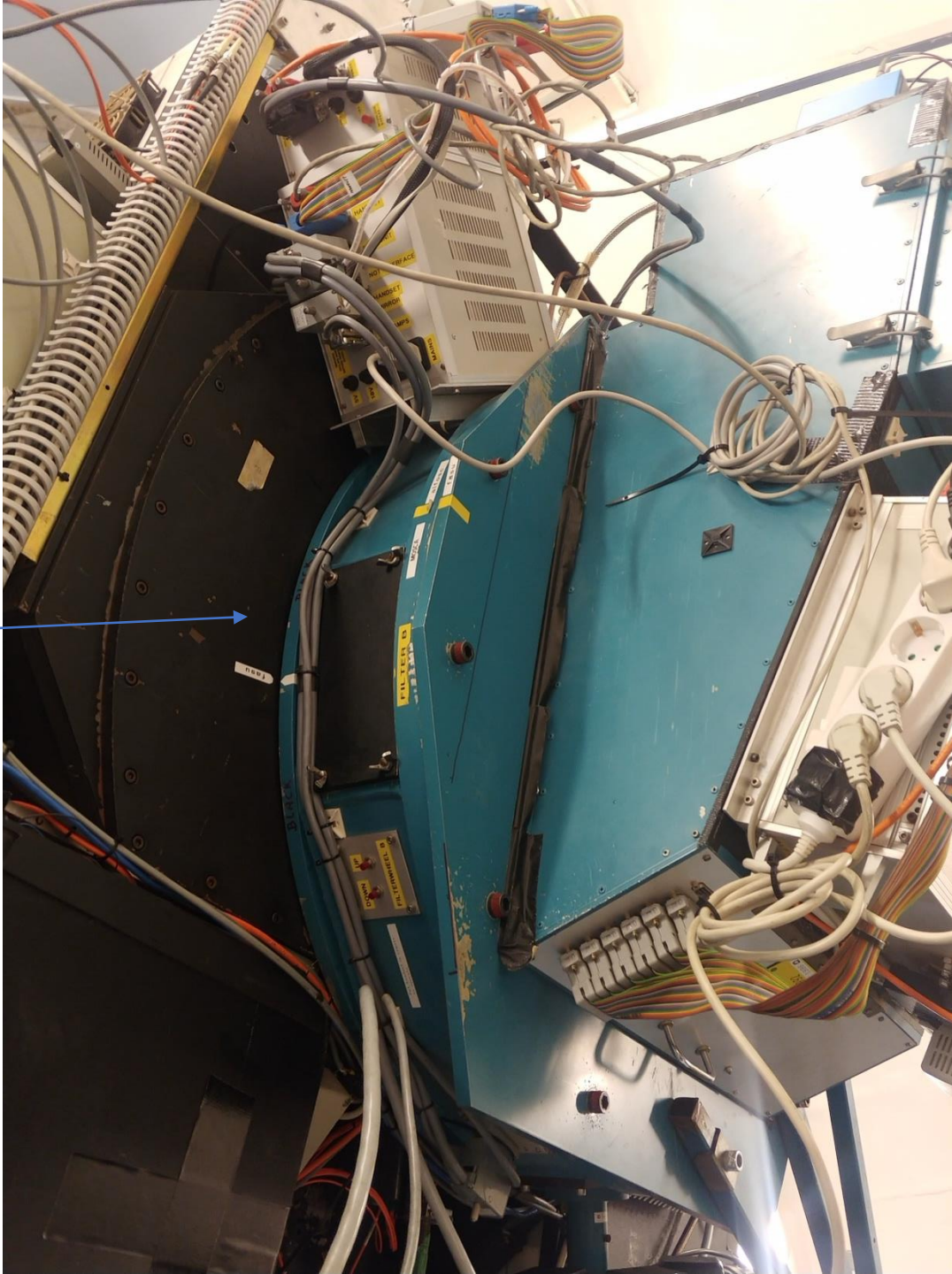


Värikuvia

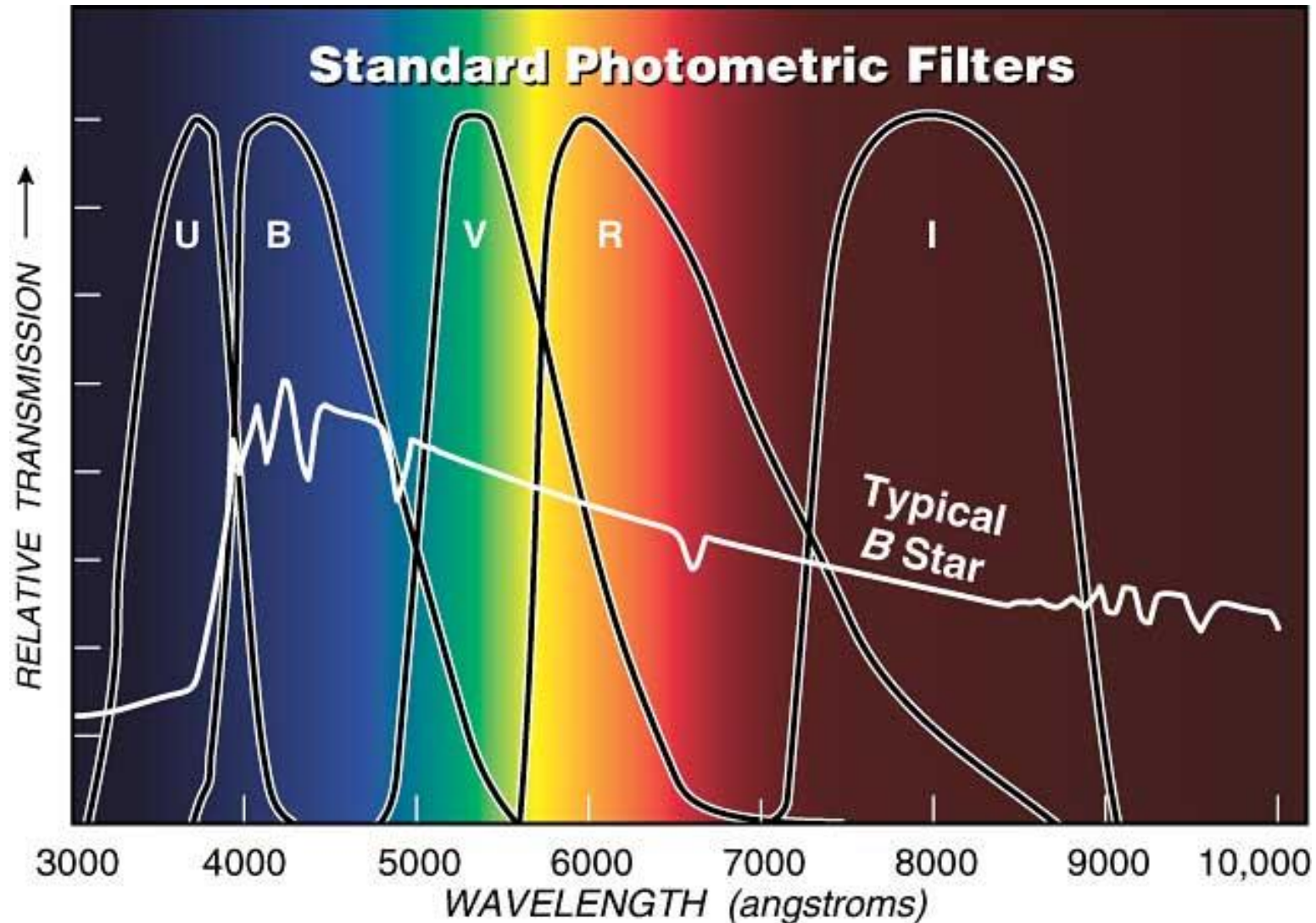
- Kolme valotusta, esim. B,V,R.
- Redusointi ja kuvien yhdistäminen värikuvaksi.



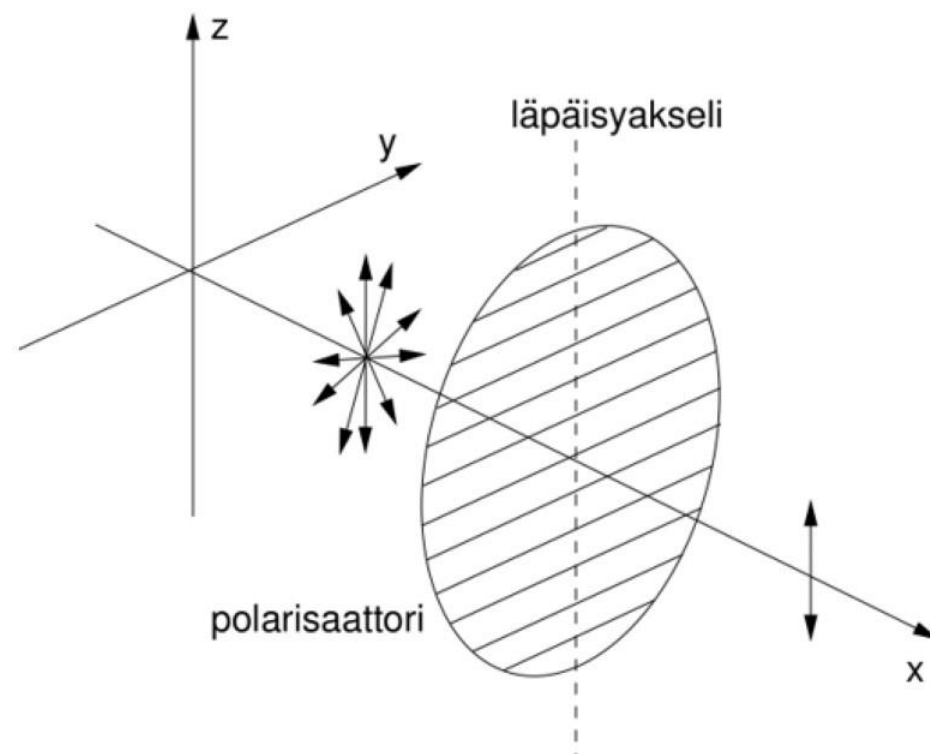
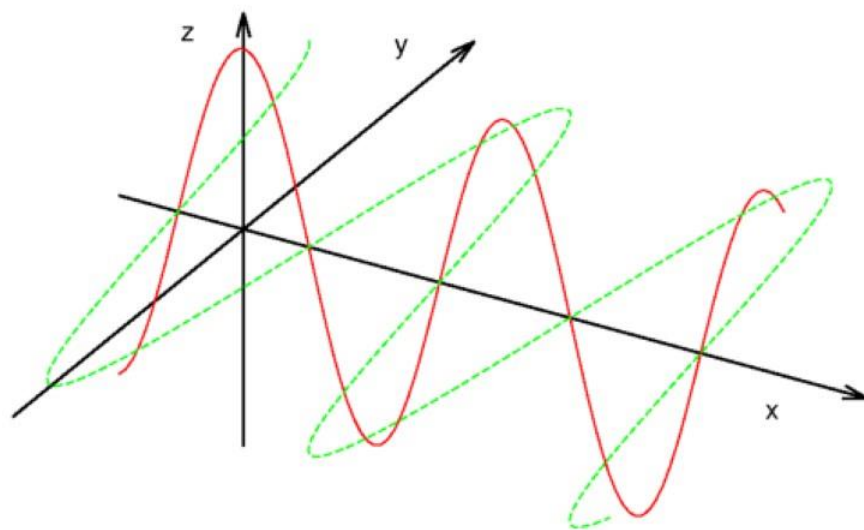
Filtteripyörät



Tunnetuin järjestelmä, mikä on edelleen käytössä on Johnsonin ja Morganin 1950-luvulla kehittämä UBV-järjestelmä. Nykyisin käytössä on useita eri magnitudijärjestelmiä!



Polarisaatio



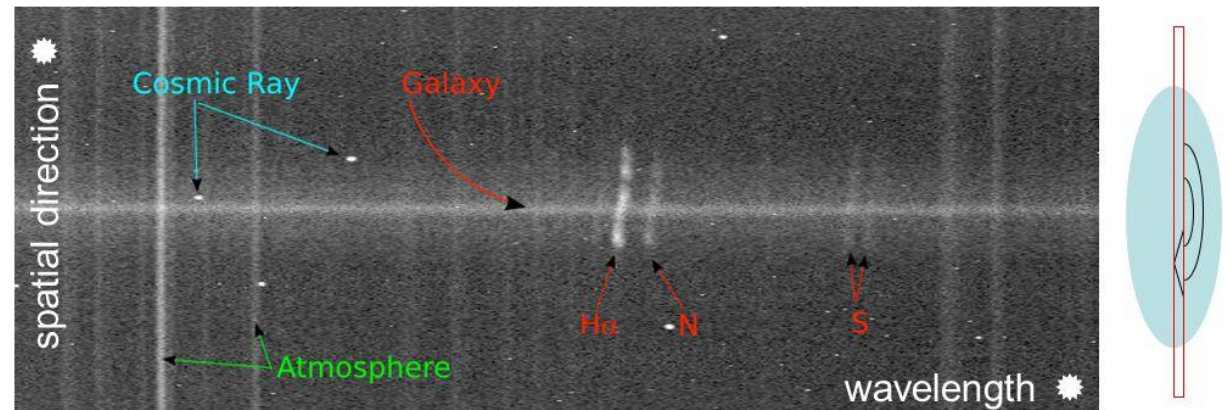


Mitä havaintoja
tehdään ja mitä
tutkitaan?

Tiedeprojekteihin liittyvät havainnot

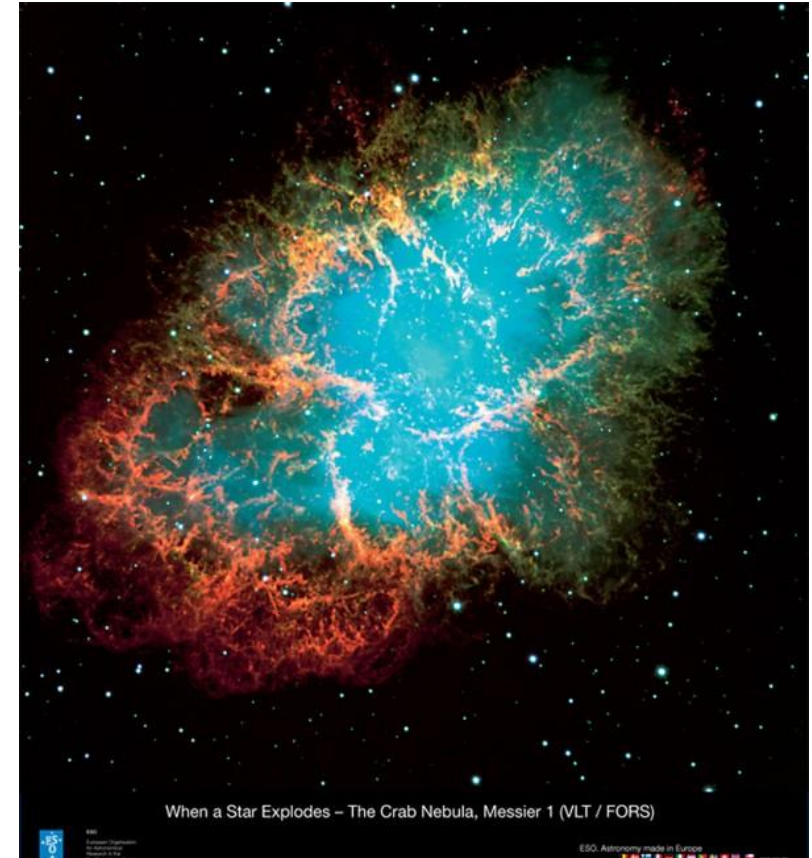
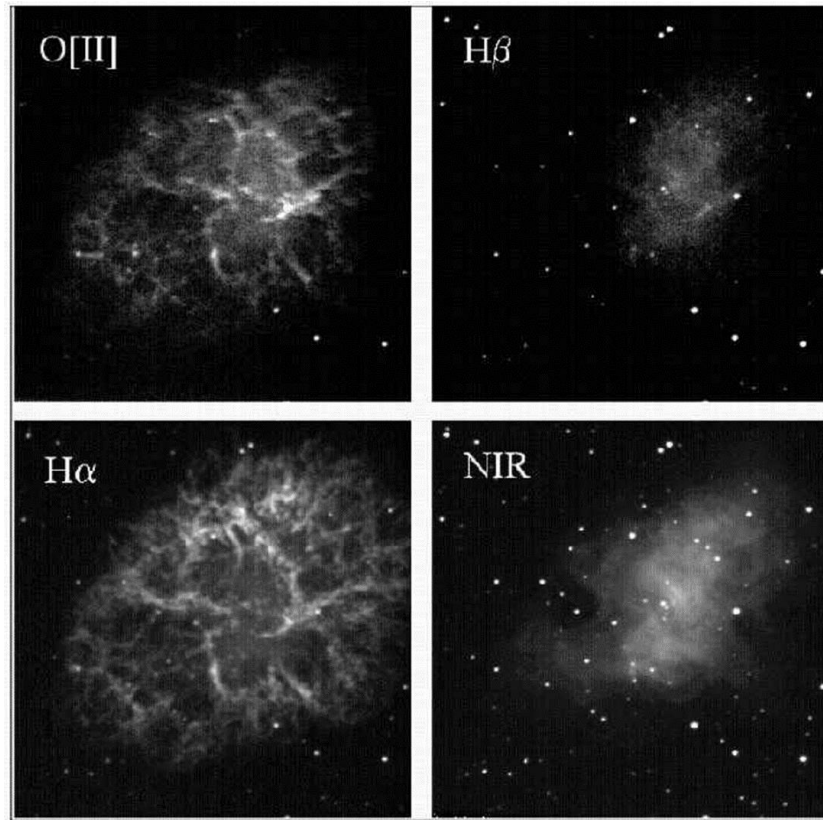
- Kohteet ilmoitetaan myöhemmin (viimeistään havaintoyönä)
- Kuvantamista eri kaistoilla (U,B,V,R...yms)
- Spektrejä (rakospektrejä)
 - Kvasaarit
 - Supernovat
 - Galaksit

Example longslit spectrum



- high spectral resolution longslit spectrum of galaxy
- Continuum emission from stars, several emission lines from star forming regions in galaxy

Esim: Rapusumu, Messier 1



Apparent magnitude (V)	näennäinen magnitudi	8.4 ^[3]
Apparent dimensions (V)	näennäinen koko	420'' × 290'' ^{[4][a]}
Right ascension	rektaskensio	05 ^h 34 ^m 31.94 ^s ^[1]
Declination	dekлинаatio	+22° 00' 52.2'' ^[1]

Omia kohteita/Own targets

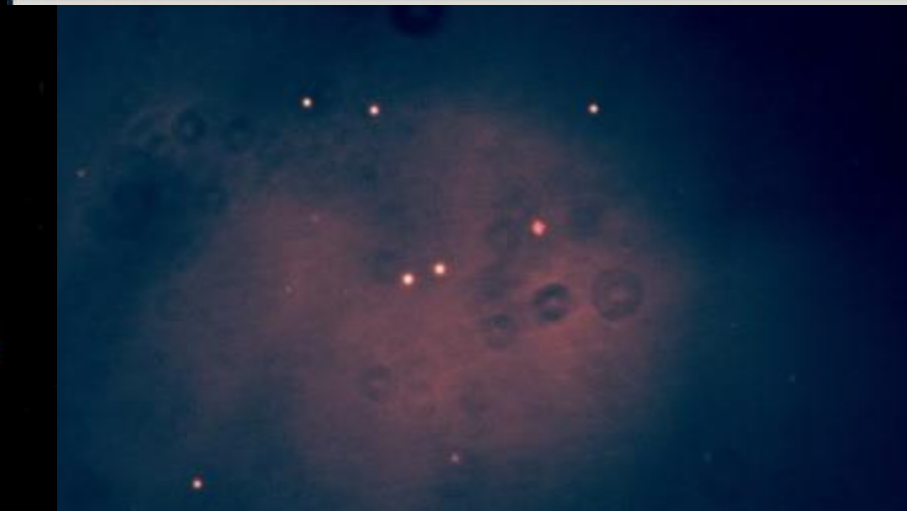
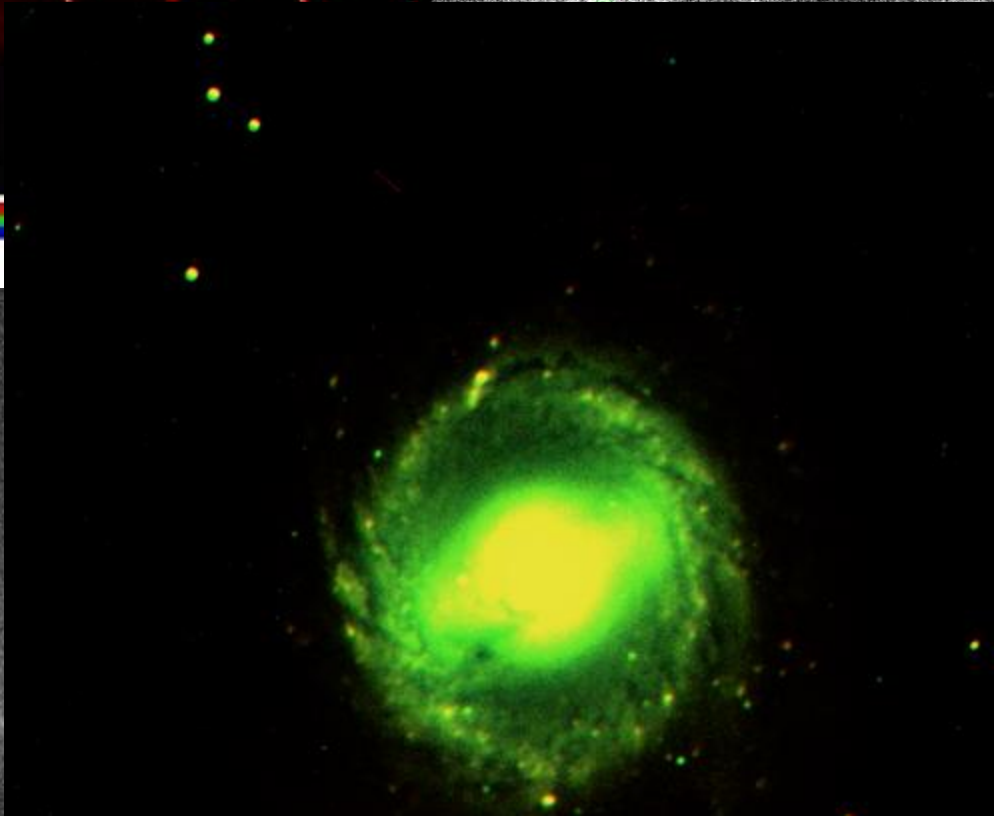
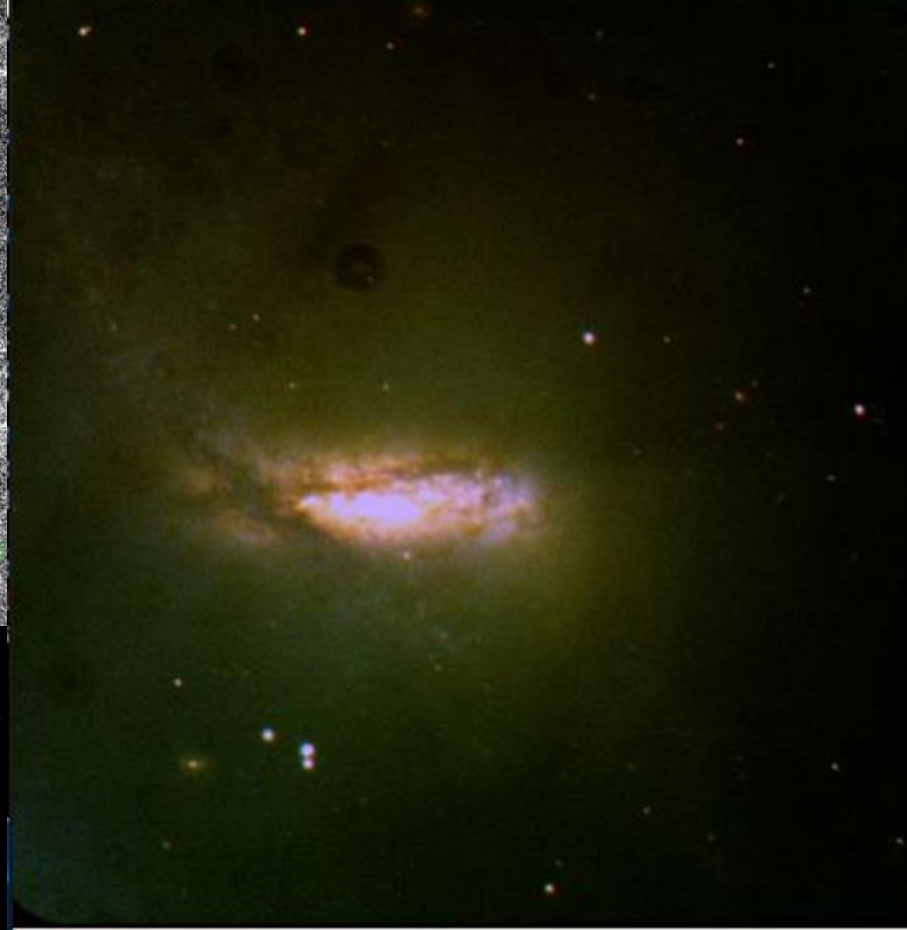
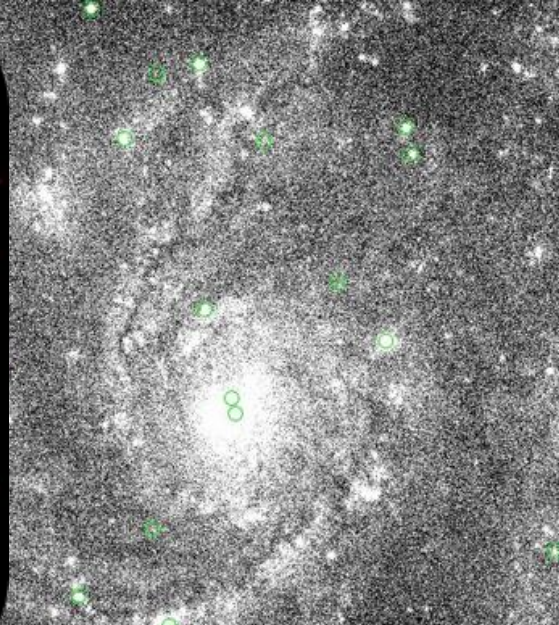
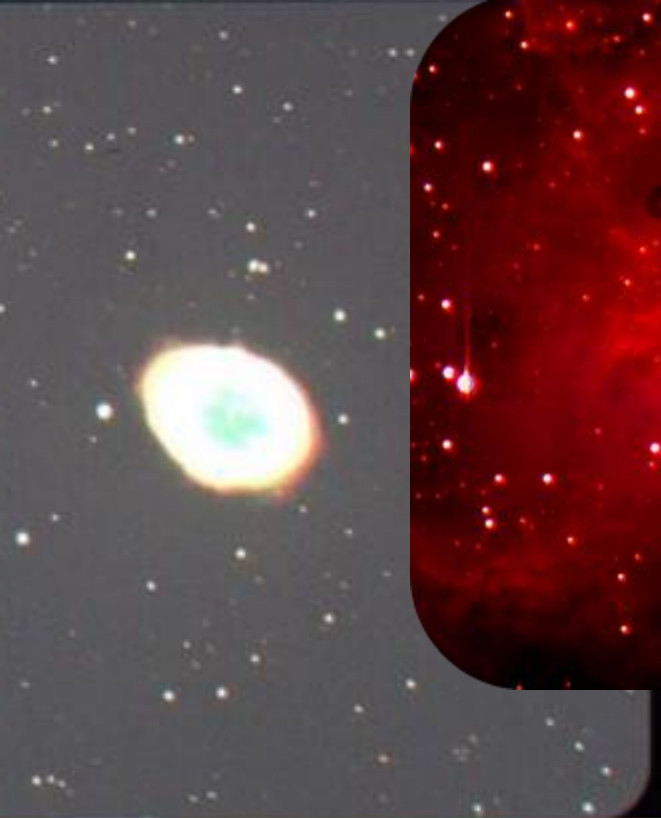
- Jokainen ryhmä saa valita vapaasti 4 kpl omia kohteita -> fotometriaa esim. V,B,R,I kaistoilla. Kohteita voi etsiä esim. Stellarium ohjelmiston avulla (<http://stellarium.org>)
 - Esim. Messierin luettelon kohteet, NGC kohteita-> tarkistakaa kohteen
 - Koko (mielellään lähellä 6.4'x6.4' eli ALFOSC:in kuvakentän koko)
 - Kirkkaus (magnitudi yli 6 mag $m > 6$, mutta ei liian himmeitä $m < 16$)
 - Näkyminen (miten kohde näkyy yön aikana eli nousu ja laskuaika)
- Huomioi paikallinen aika NOT:illa eli UT aika. Suomessa UT+2

Käytettävissä olevat suotimet ovat:

- ALFOSC | Standard imaging-filters | UBVRI
- ALFOSC | Standard imaging-filters | u'_SDSS,g'_SDSS,r'_SDSS,i'_SDSS,z'_SDSS
- ALFOSC | Imaging-filters for ALFOSC | 40,64,89,91

kts. sivu <https://www.not.iac.es/instruments/filters/filters.php>

- ALFOSC | Spectro-long-slit | grism 4, 7 and 20
- ALFOSC | Spectro-long-slit | give slit widths: 0.5 1.0 1.8
- ALFOSC | Linear polarimetry imaging using calcite



Esim:

- NGC 488: UVB+H alpha -> eri tähtipopulaatiot



Miten tarkistaa kohteen näkyminen/Visibility

- <http://www.not.iac.es/observing/forms/visibility/>
 - Valitse oikea päivä/Choose correct day
 - Anna koordinaatit oikeassa muodossa/Coordinates in the right format (epookin J2000 koordinaatit!!!)
 - Laskuri antaa näkyvyyskuvaajan/Output is the visibility map
 - Huomioi kellonaika suhteessa Suomen aikaan/Notice Finnish time
 - Kaikki aikayksiköt ovat NOT:in paikallista UT aikaa!

Object Visibility – Staralt

Mode

☒ Staralt ☐ Startrack ☐ Starobs ☐ Starmult*Plots altitude against time for a particular night*

Date

01 ▾ November ▾ 2023 ▾

Observatory

Roque de los Muchachos (La Palma, Spain) ▾

or specify own site: "East_Longitude(deg) Latitude(deg) [Altitude(m)]"

Coordinates

Available formats: [name] hh mm ss ±dd mm ss ; [name] hh:mm:ss ±dd:mm:ss ; [name] ddd.ddd dd.ddd

[M1] 05 34 32 +22 00 52



Options

Moon Distance ▾ Included on plot

Submit Request

Retrieve

Help

Altitudes, Roque de Los Muchachos, 342.1184E +28.7606, 2326 m above sea level

LST ---> 21^h31^m 22^h32^m 23^h32^m 0^h32^m 1^h32^m 2^h32^m 3^h32^m 4^h33^m 5^h33^m 6^h33^m 7^h33^m
 S.set TwiTwi
 UT -> 18^h34^m NAU AST
 TwiTwi S.rise
 AST NAU 7^h15^m

Moon (dashed):

Coordinates:
 6^h11^m +28°17'

Illumination 80%

Quarter 3

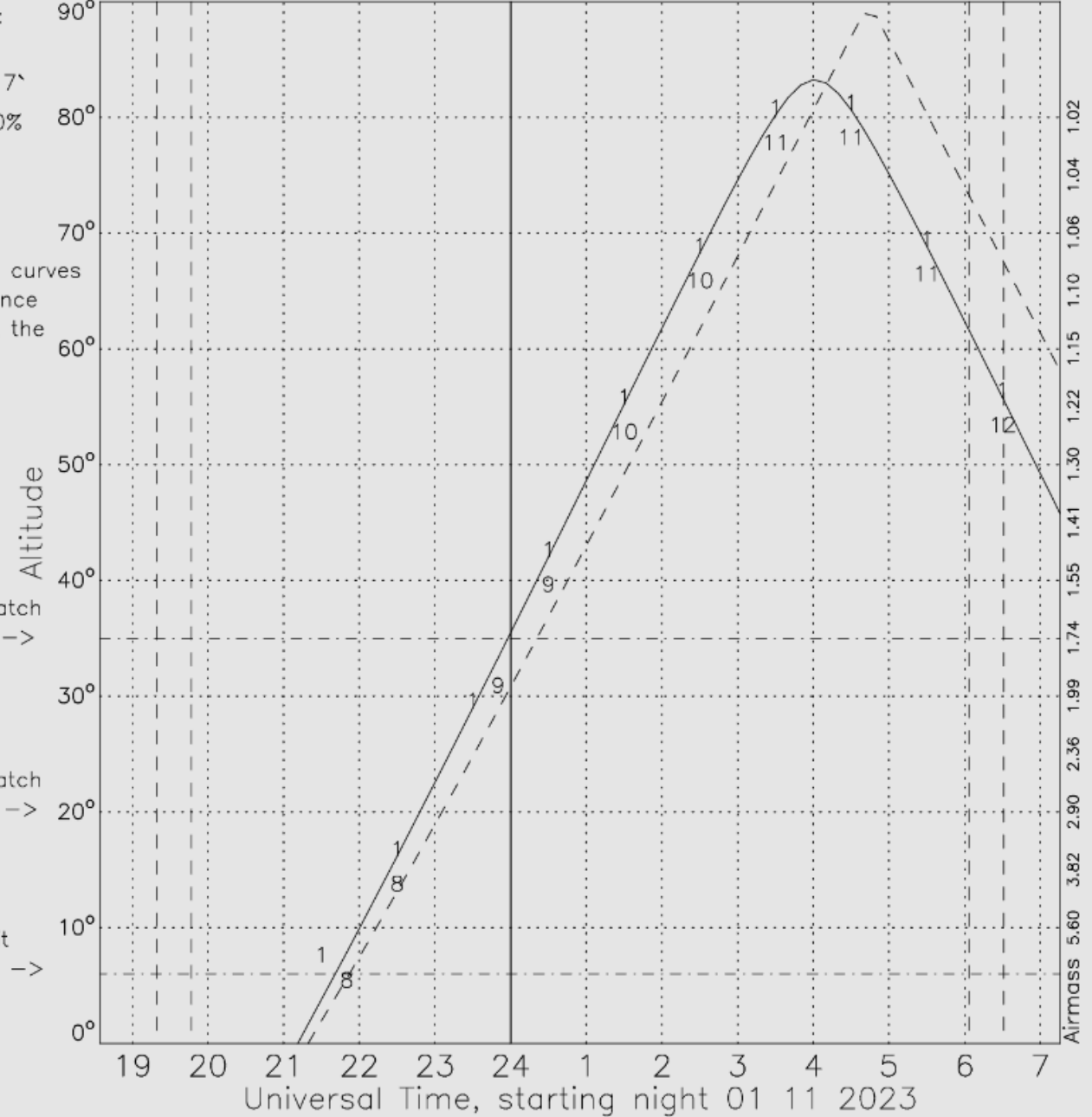
Numbers below curves
 are Moon Distance
 (in degrees) at the
 corresponding
 times.

Closed lower hatch
 0% vignetting ->

Closed lower hatch
 50% vignetting ->

NOT lowest limit
 (6°) ->

List of objects:
 1 [M1] 5^h34^m +22° 0'



Miten pitkään valotetaan/Exposure time

- ALFOSC:
 - <https://www.not.iac.es/observing/forms/signal/>
- Sallitut vaihtoehdot/Available modes
- We use ALFOSC and use a special data reduction pipeline, so there are some limits for the observations, see below:
 - Spectra: grism #4 with 1.0" ja 1.3" slits
 - Photometry: UBVRI (7,74-76,12) and ugriz (109-112, 120) ... possibly some other also
 - full frame
 - 1 x 1 binning

Ennen seuraavaa etäopetuskertaa:

- Opiskelkaa tänään käyty tähtitieteen asia
- Tutustukaa NOT:in sivuihin: <http://www.not.iac.es/>
- Ladatkaa Stellarium omalle koneelle: <http://stellarium.org/>
 - Tutustukaa siihen miten ohjelma toimii
 - Voi myös käyttää muita ohjelmistoja
- Jakautukaa n.5 hlö ryhmiin ja keksikää ryhmälle oma nimi ja valitkaa vastuuhenkilö!
- Aloittakaa ryhmätyöskentely:
 - Etsikää Stellariumilla havaintoyönä näkyviä sopivia kohteita: galaksit, tähtisumut jne. (siirtykää oikeaan paikkaan ja aikaan, syvän taivaan kohteet näkyviin). Hyviä kohteita ovat esim. Messierin luettelon kohteet esim. M1, NGC-luettelon kohteet
 - Lisätkää kohteet excel-taulukkoan annetuilla tiedoilla
 - Tehkää jokaiselle kohteelle visibility map ja kopioikaa se itselle talteen:
 - <http://www.not.iac.es/observing/forms/visibility/>