

Praktisk spektroskopi for astronomiske formål

Med bruk av enkelt utstyr

Vi kan se tusenvis av stjerner på himmelen en mørk natt og med kikkert øker antallet fort til flere millioner.



Ved å gjøre nøyaktige målinger av posisjon kan vi også bestemme avstanden til noen stjerner og vi kan regne ut at stjernene sender ut like mye lys som vår sol – i noen tilfeller mye mer.

Men stjernene ser i praksis ut som punkter og observasjon av posisjoner og lysstyrke kan si oss svært lite om hva stjernene består av og hvilke fysiske forhold vi finner hos stjernene.

Vi kan se tusenvis av stjerner på himmelen en mørk natt og med kikkert øker antallet fort til flere millioner.



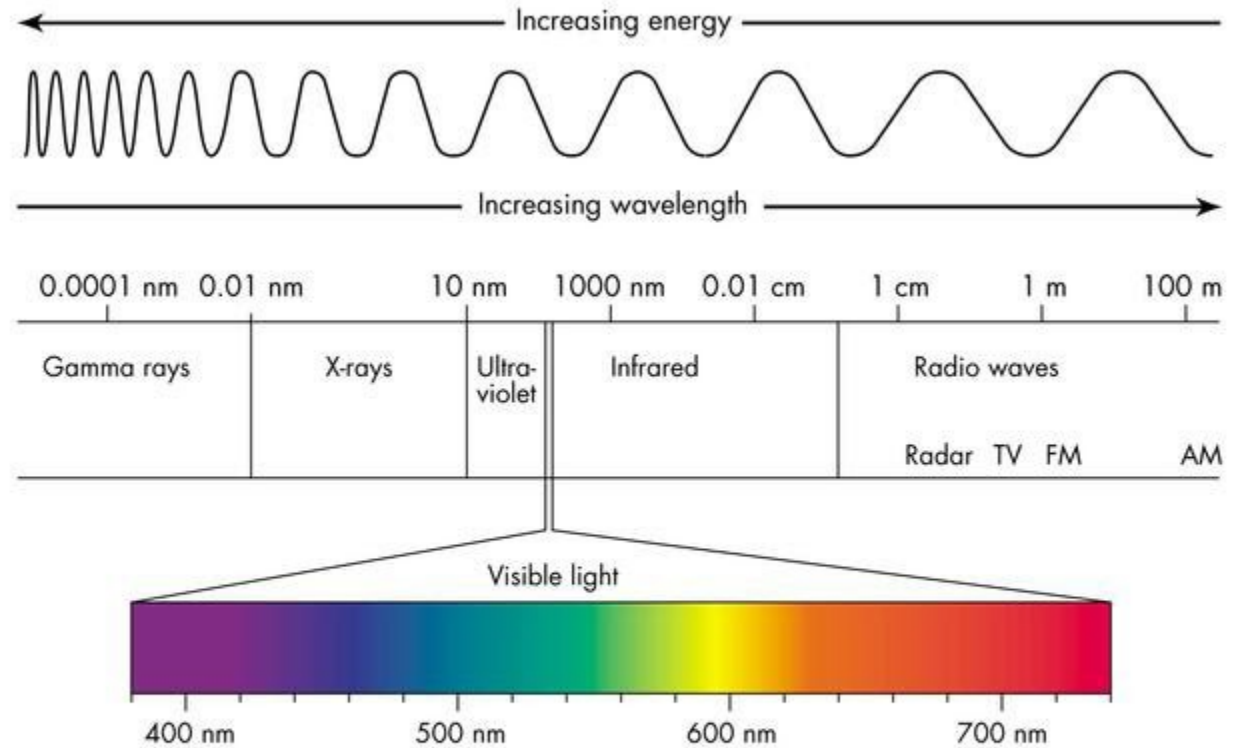
Ved å gjøre nøyaktige målinger av posisjon kan vi også bestemme avstanden til noen stjerner og vi kan regne ut at stjernene sender ut like mye lys som vår sol – i noen tilfeller mye mer.

Men stjernene ser i praksis ut som punkter og observasjon av posisjoner og lysstyrke kan si oss svært lite om hva stjernene består av og hvilke fysiske forhold vi finner hos stjernene.

En av de viktigste teknikkene vi har for å komme et skritt videre er **spektroskopi** – studiet av strålingen fra stjernene.

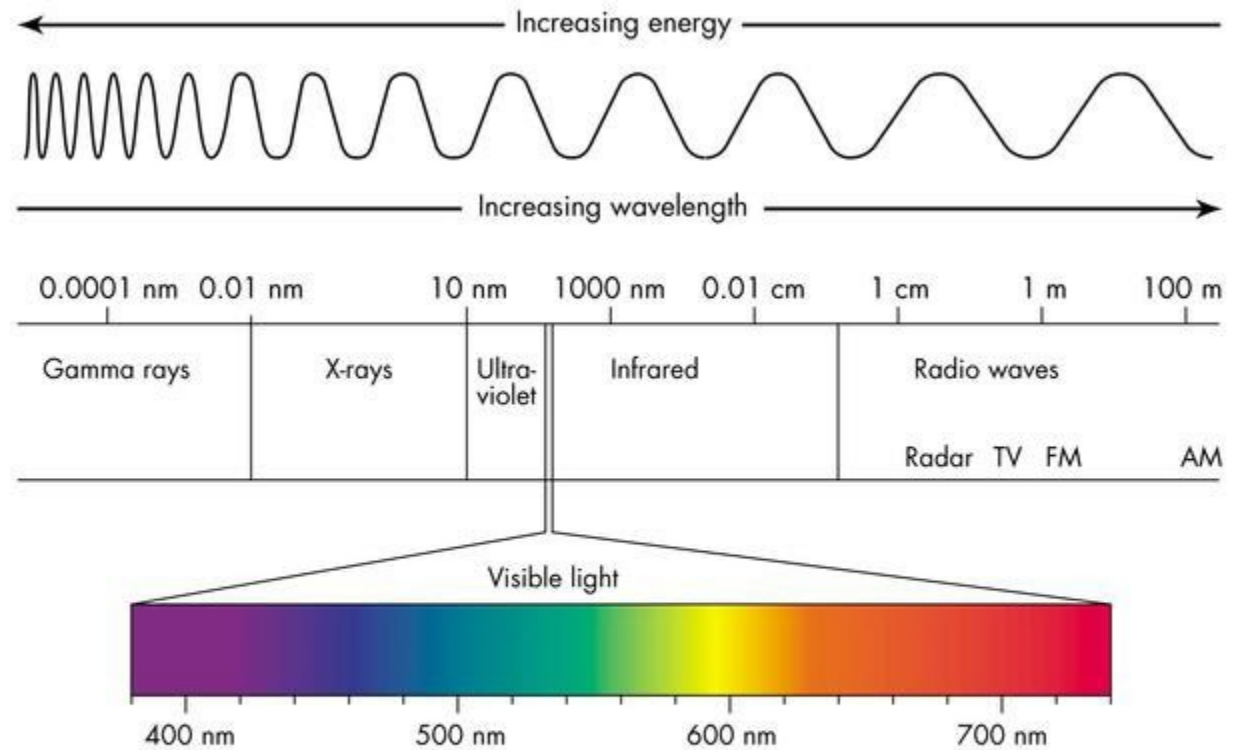
Lys

- Elektromagnetisk stråling
- Kan oppføre seg som partikkel eller bølge
- Hastighet i vakuum 299792458 km/s
- Fargen avhenger av bølgelengden
- Sollys, lys fra stjerner og de fleste naturlige lyskilder inneholder en blanding av bølgelengder (farger)



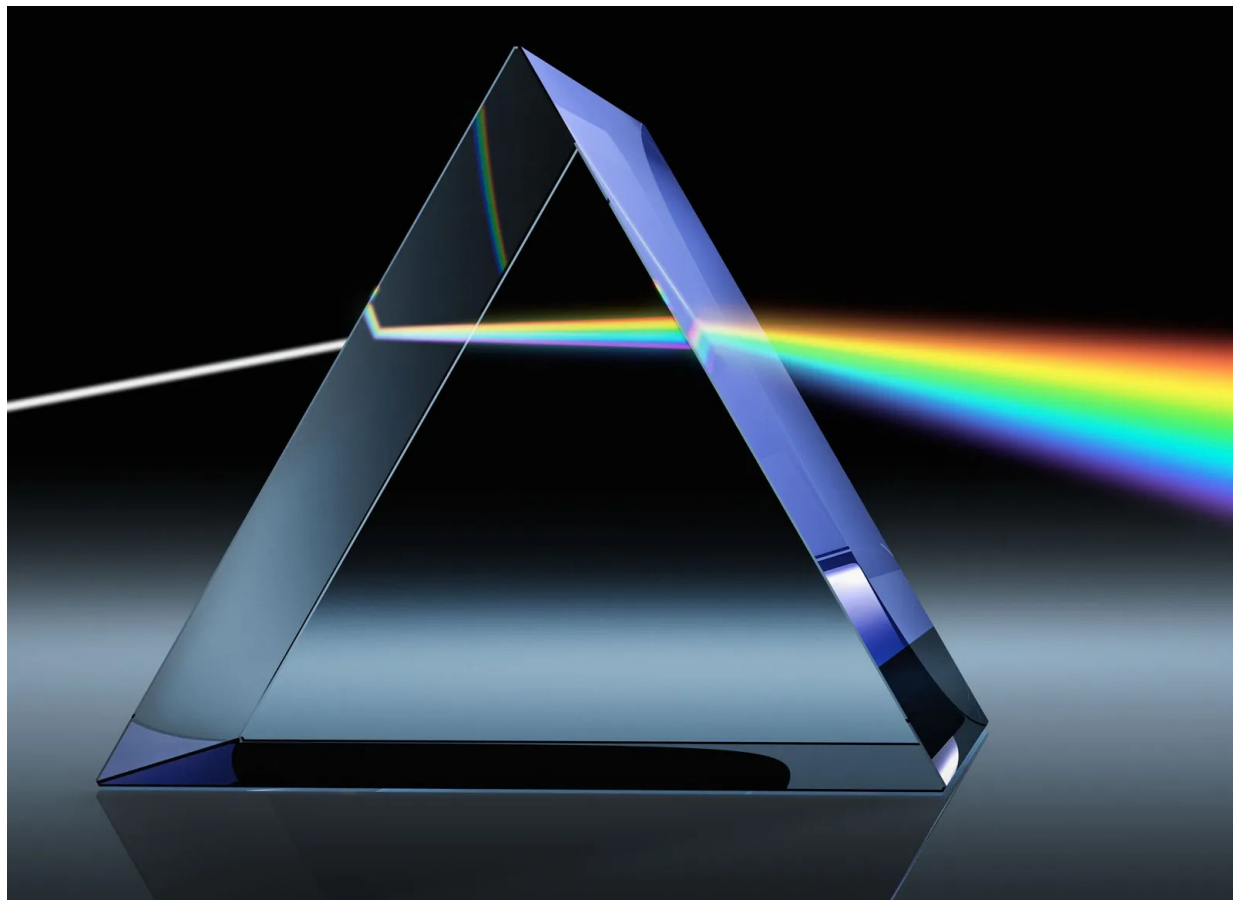
Lys

- Elektromagnetisk stråling
- Kan oppføre seg som partikkel eller bølge
- Hastighet i vakuum 299792458 km/s
- Fargen avhenger av bølgelengden
- Sollys, lys fra stjerner og de fleste naturlige lyskilder inneholder en blanding av bølgelengder (farger)



Formålet med spektroskopi er å skille de ulike fargene fra hverandre.

Den velkjente teknikken, er å benytte et trekantet glassprisme.

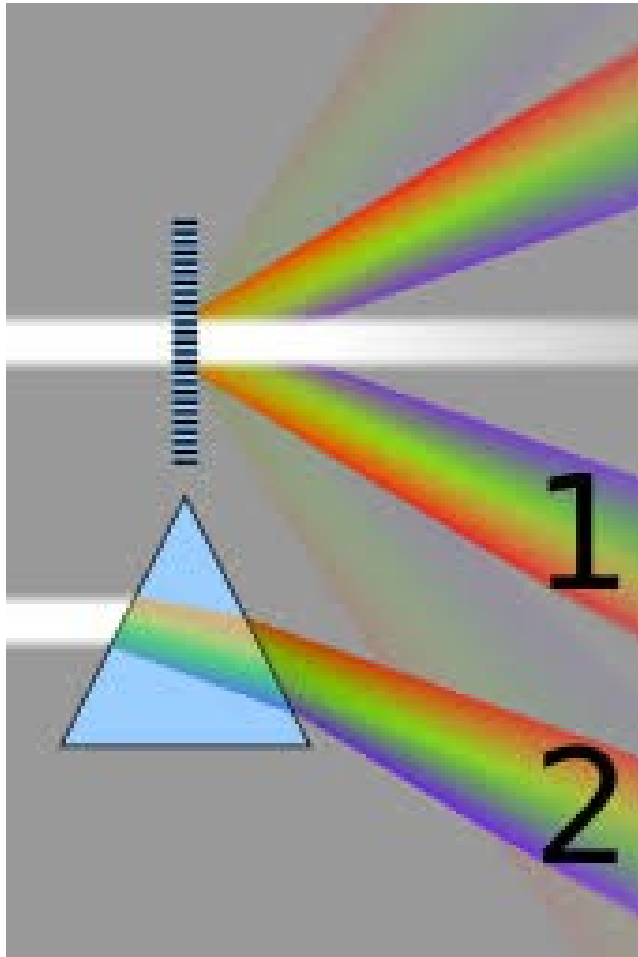


Dette fungerer fordi lys med korte bølgelengder brytes mer ved overgangen luft/glass enn langbølget lys.

Dette gjør at en enkelt linse ikke benyttes som objektiv i et teleskop, fordi brennvidden for blått og fiolett lys er kortere enn for oransje og rødt.

Dette løses ved å kombinere fler linser som gir et akromatisk, eventuelt apokromatisk objektiv.

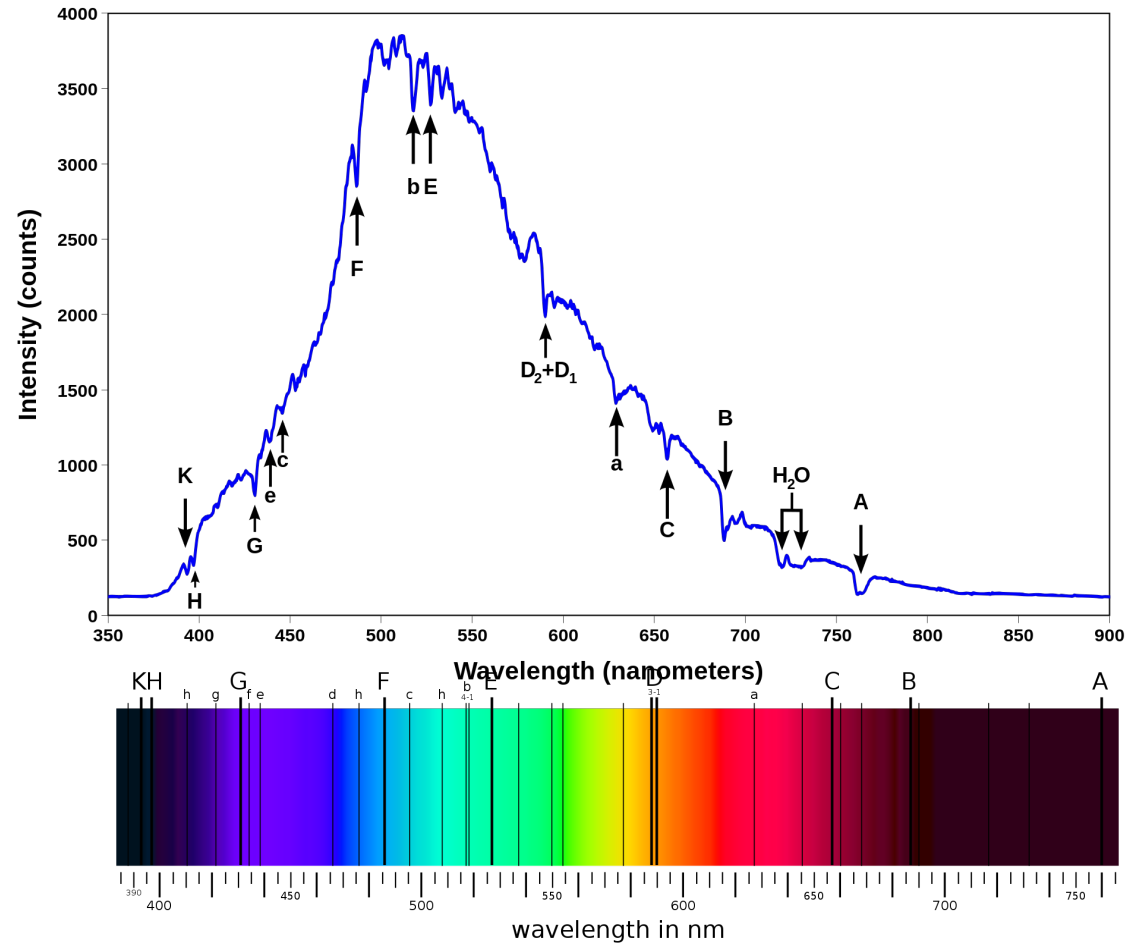
Vi kommer til å benytte en annen teknikk for å skille bølgelengdene til lyset fra stjernene, nemlig et diffraksjonsgitter.



Vi går ikke inn på fysikken bak diffraksjonsgitteret denne gangen. I første omgang merker vi oss følgende:

- Gitteret er ofte en glassplate med et (stort) antall parallelle blokkerende linjer. Kan også være en reflekterende flate med riller.
- En stor del av lyset passerer rett igjennom gitteret.
- En del lys forandrer retning, lange bølgelengder mer enn korte (motsatt av et prisme).
- Gitteret er betydelig mindre og lettere enn et prisme.
- Spredningen i et gitter kan gjøres betydelig høyere enn hos et prisme.
- Mengden spredt lys blir betydelig mindre enn hos et prisme hvor alt lyset kommer ut i spekteret.

Hvordan ser et spektrum ut?

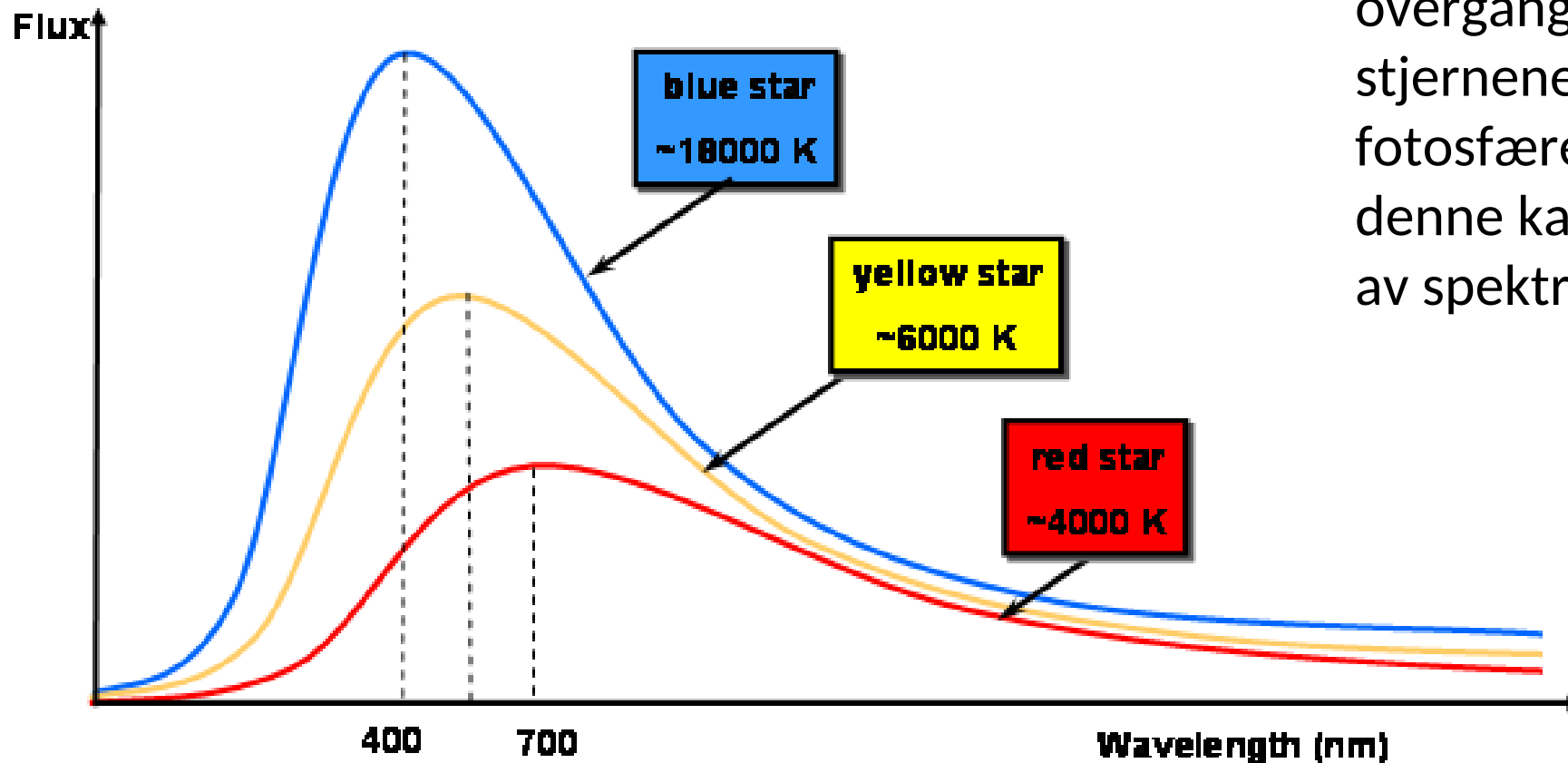


Grafen viser resultat fra måling av lysintensitet mot bølgelengde. Dette vil være det første vi får tak i ved kombinasjon av teleskop, diffraksjonsgitter og kamerasensor.

“Regnbuespekteret” er en visualisering av den samme informasjonen.

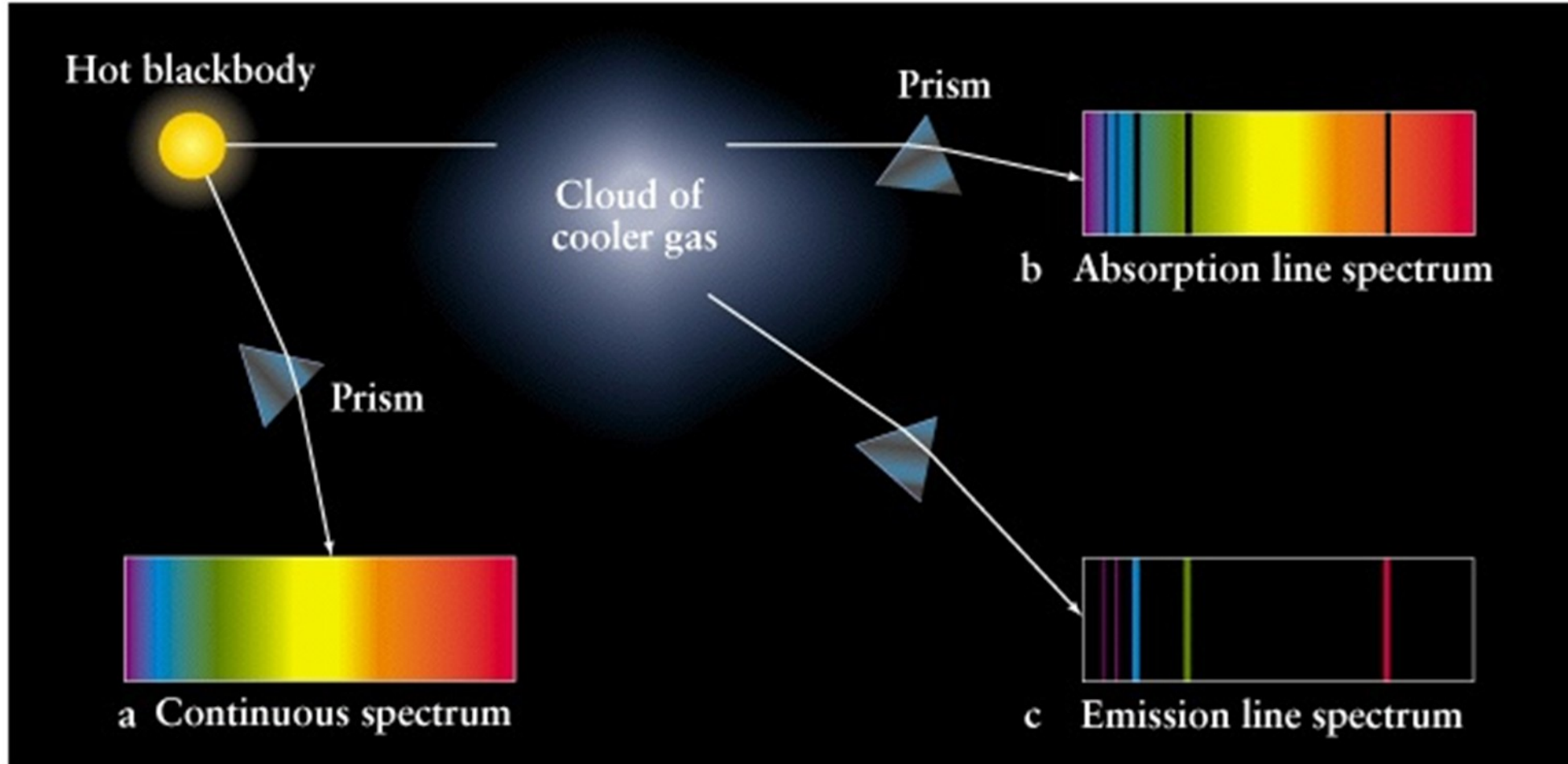
Vi skal komme tilbake til betydningen av de mørke linjene i dette spekteret.

Overflatetemperatur bestemt fra spektrum

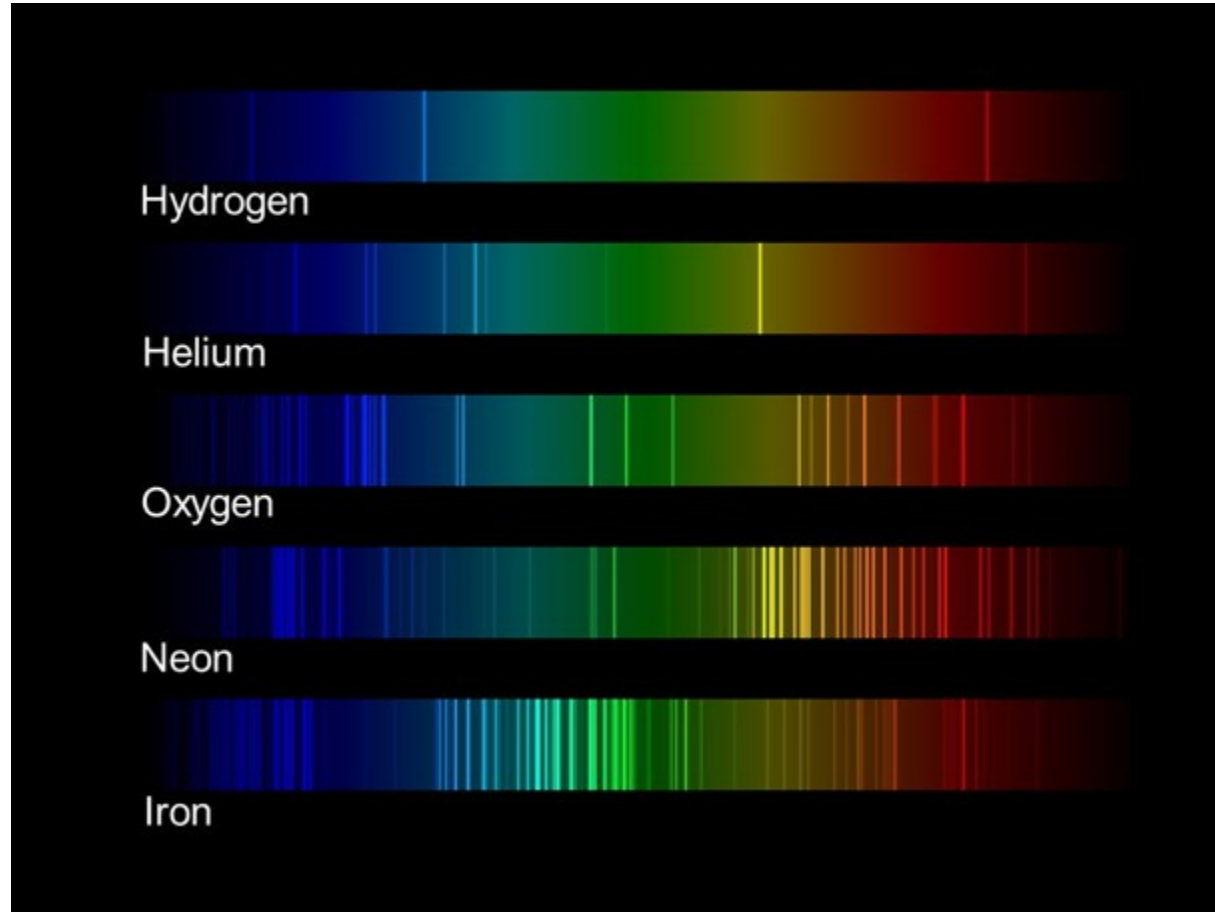


Stjernene består av gass. Ved overgangen til det vi kaller stjernenes atmosfære er fotosfæren. Temperaturen til denne kan bestemmes ved hjelp av spektroskopi.

Mens spekteret fra sola og de fleste stjernene har disse mørke linjene, ser spekteret av en glødende gass helt annerledes ut.



Hvert grunnstoff har sine karakteristiske spektrallinjer.



Vi kan finne igjen disse spektrallinjene i stjernene, som oftest som mørke absorpsjonslinjer.

Normale stjerner består mest av hydrogen, derfor er hydrogenlinjene av spesiell interesse for oss.

Fun fact: Grunnstoffet helium ble oppdaget på sola før det ble funnet på jorda. Dette ville ikke skjedd uten ved hjelp av spektroskopi.

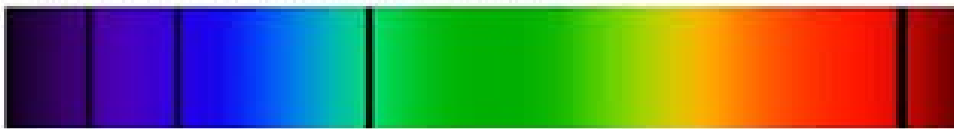
Spektroskopet gir oss kunnskap om sammensetningen av stjernene. Men kvantitativ analyse kan ikke gjøres ut fra intensiteten til spektrallinjene.

Doppler-effekten – gir oss informasjon om radialhastighet (hastighet langs siktelinjen).

Object at rest



Object moving away from you










Doppler-effekten fører til at *hele spekteret* forskyver seg i forhold til et tilsvarende spektrum av et objekt som er i ro i forhold til oss.

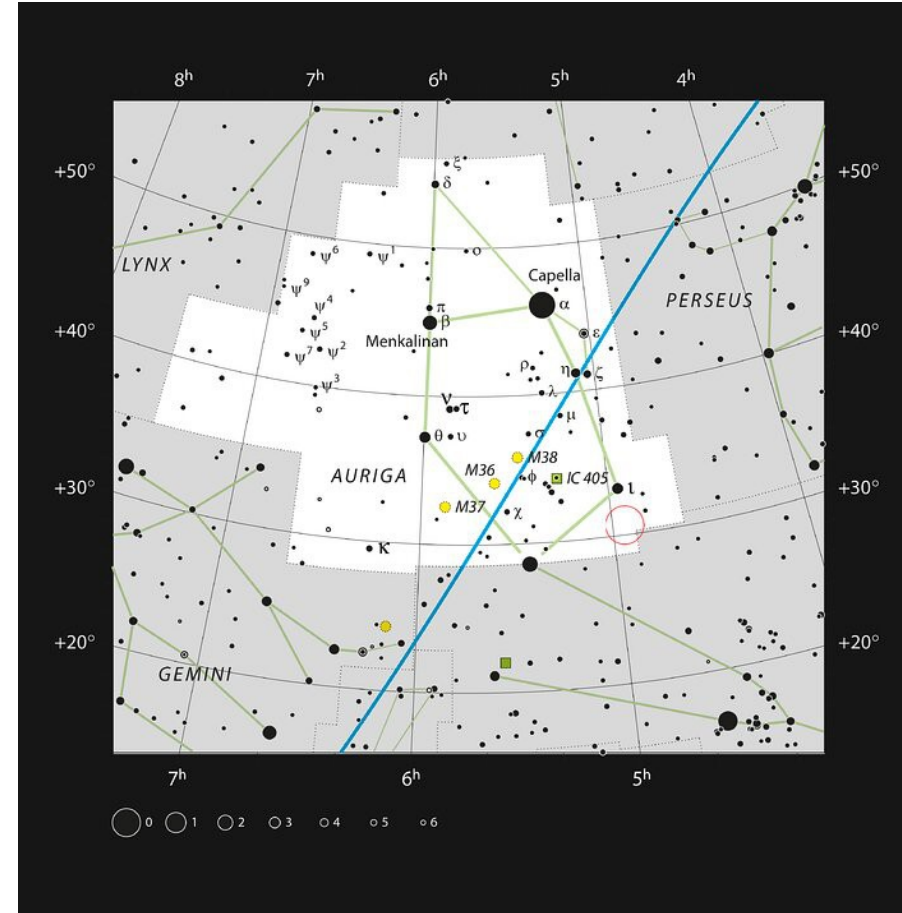
Måling av slik forskyvning av spektrallinjene har svært mange anvendelser innenfor astrofysikk og kosmologi.

- Bevegelse av stjerner i forhold til solsystemet
- Banebevegelse i dobbeltstjerner
- Turbulens i stjerneatmosfærer
- Stjernevind i planetariske tåker
- Rødforskyvning hos galakser - universets ekspansjon

Vi deler stjernene inn i spektralklasser ut fra overflatetemperatur.

Spectral Type	Color	Temperature (K)*	Spectral Features
O		28,000-50,000	Ionized helium, especially helium
B		10,000-28,000	Helium, some hydrogen
A		7,500-10,000	Strong hydrogen, some ionized metals**
F		6,000-7,500	Hydrogen and ionized metals such as calcium and iron
G		5,000-6,000	Both metals and ionized metals, especially ionized calcium
K		3,500-5,000	Metals
M		2,500-3,500	Strong titanium oxide and some calcium

* To convert approximately to Fahrenheit, multiply by 9/5.
** Astronomers regard elements heavier than helium as metals.



Det anbefales sterkt å starte med stjerner av spektralklasse A for å sette seg inn i praktisk spektroskopi. Vega er et godt valg. I denne gjennomgangen ser vi på α Aurigae.

Star Analyser - 100 .



Et diffraksjonsgitter med 100 linjer/mm.

Kan skrues inn i filterholderen til et 1,25" okular. Forskjellige overganger kan benyttes for å montere den foran en kamerabrikke.

Avstanden mellom gitter og sensor påvirker oppløsning og lysintensitet av spekteret.

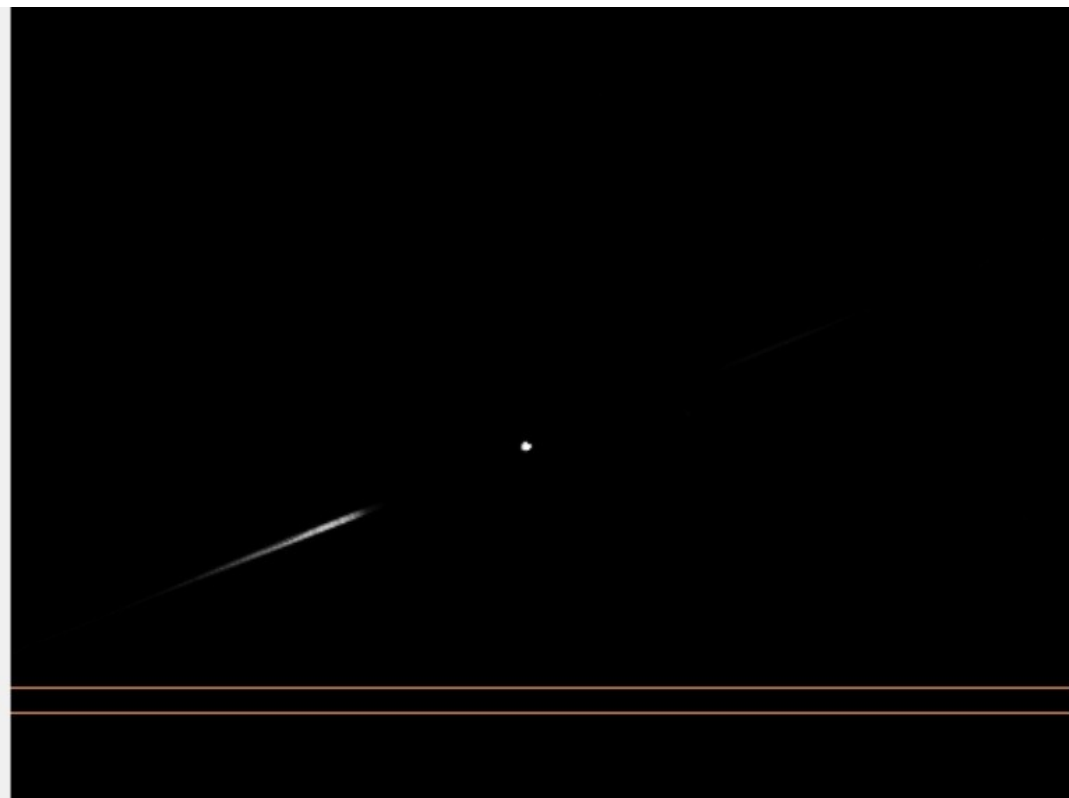
Kort avstand: Lav oppløsning og høy lysintensitet.

Lang avstand: Høy oppløsning og lav lysintensitet.

RSpec – dataprogram for å konvertere astrofoto (med f.eks. SA-100) til spektrum.

- Nettside: rspec-astro.com
- Programmet Rspec kan lastes ned og prøves gratis i 30 dager.
- Mange demoer og instruksjonsvideoer er tilgjengelige
- “Grating calculator” – et hjelpemiddel for å optimalisere oppsett (teleskop, SA-100, kamera).

Astrofoto av η Aurigae med SA-100

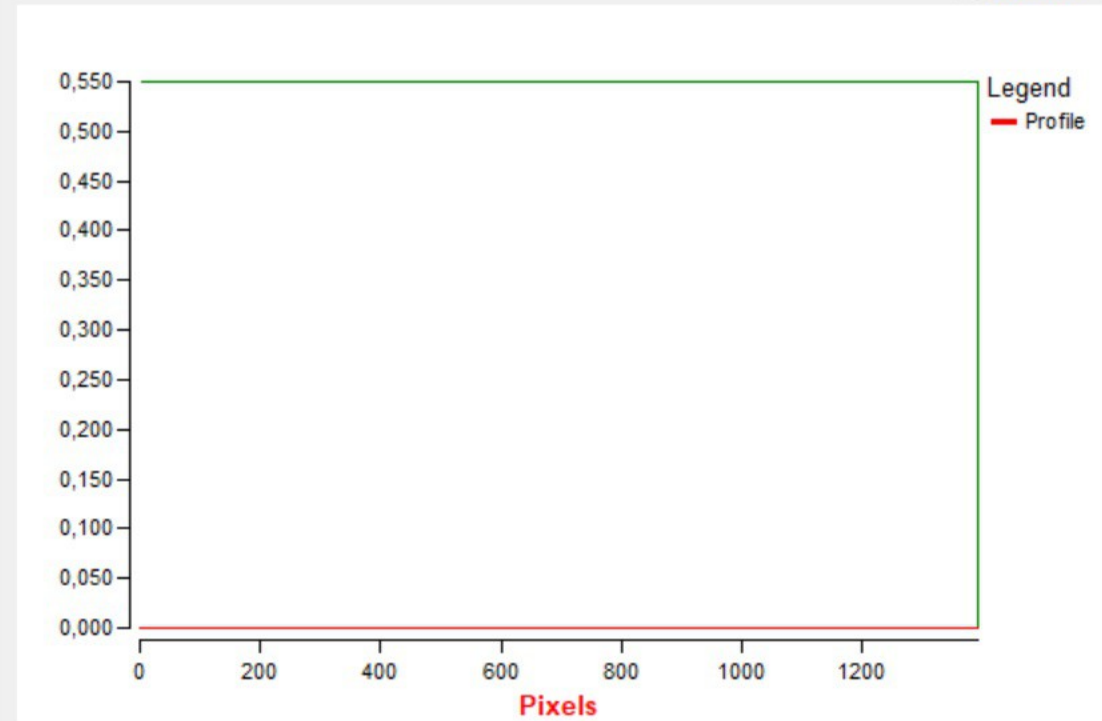
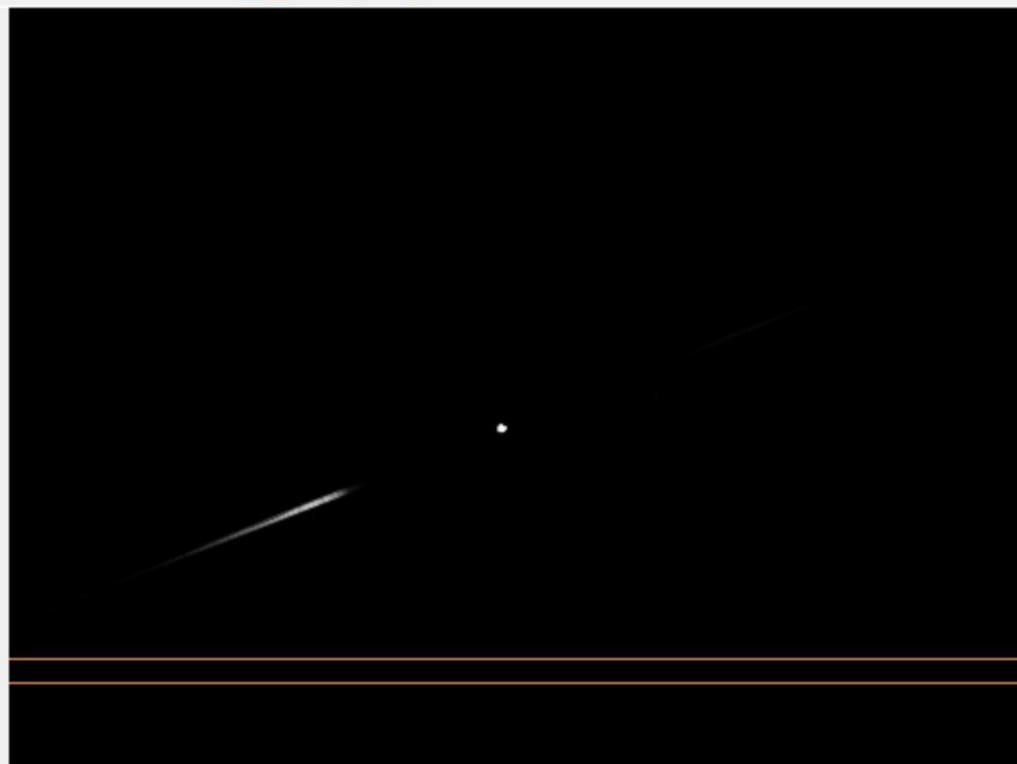


150mm F/5 Newton
SX UltraStar mono.
SharpCap Pro
Eksponering: 1 sekund
Gain: 1

Importert til RSpec



Maximize



Rotate Subtract background

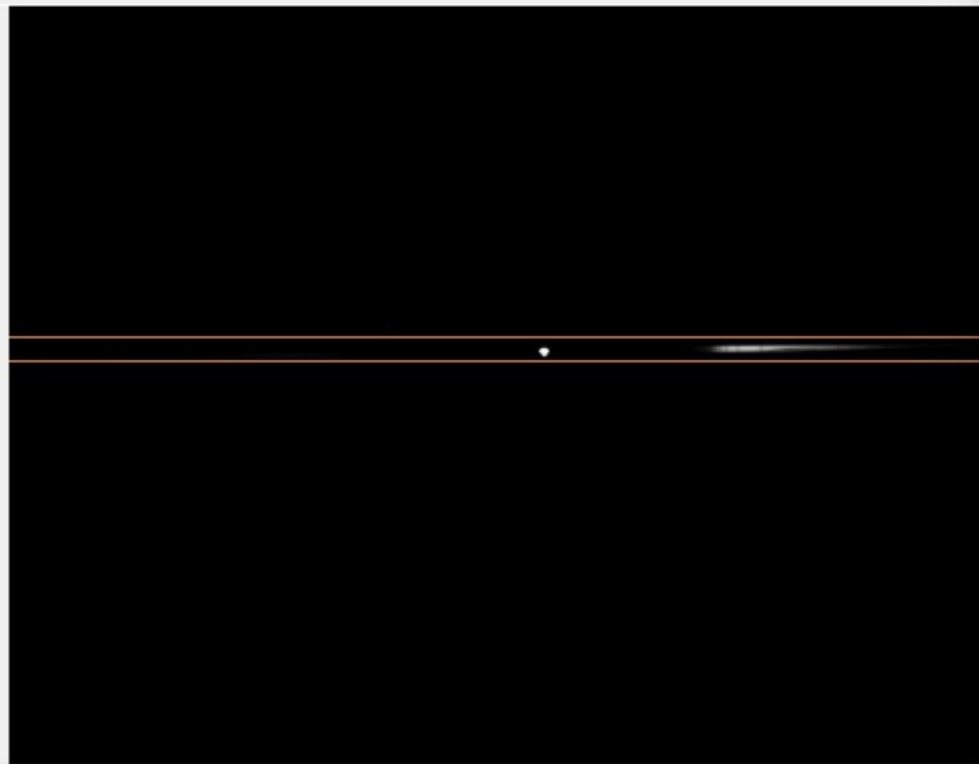
Calibrate Appearance Reference

- Controls
- Auto-Scale Y-Axis
 - Use second X-Axis
 - Use second Y-Axis
 - Average - 50
 - Show Focus Tool
 - Logarithmic Y-axis
 - Synthesize

Live Camera Video File Image File

C:\Users\Inge Arvid\Desktop\SharpCap Captures_old\2023-03-07\Beta_Aur\22_58_54\Beta_Aur_00001.t

Auto-Open new files



Rotate - 201.0 Subtract background

Live Camera Video File Image File

C:\Users\Inge Arvid\Desktop\SharpCap Captures_old\2023-03-07\Beta_Aur\22_58_54\Beta_Aur_00001.t

Adj... X

Rotate

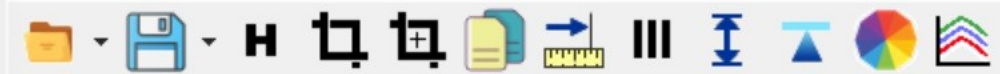
201.0
Degrees

2 decimals

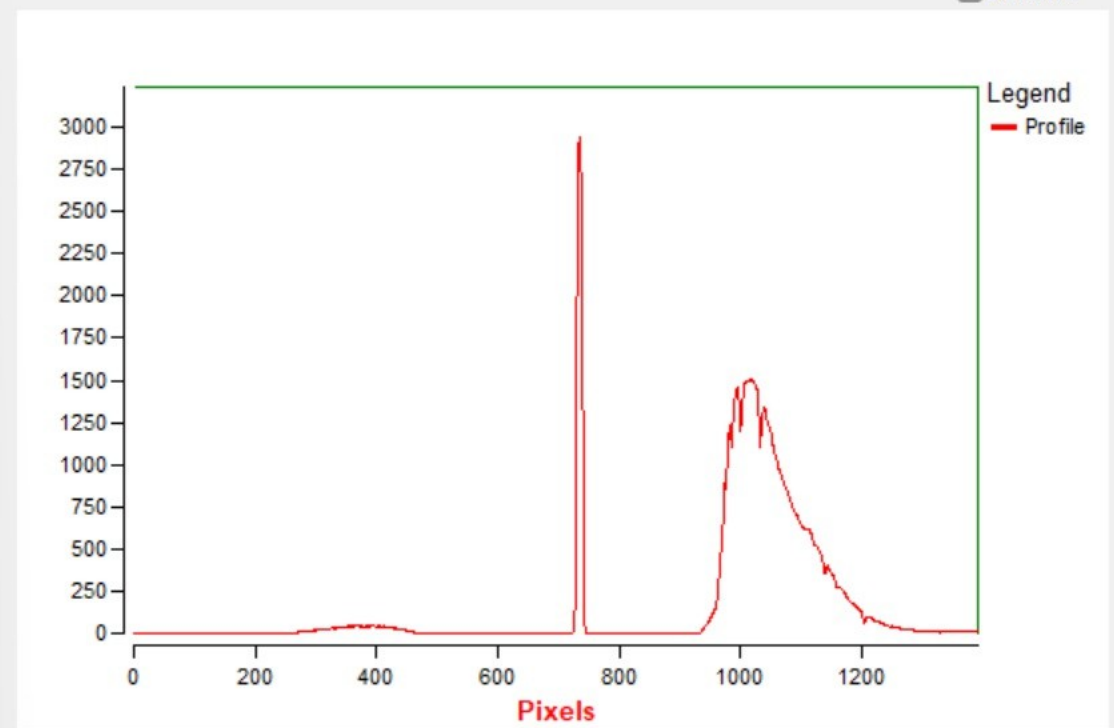
Close

Live Update

Slant



Maximize



? Calibrate Appearance Reference

- Controls
- Auto-Scale Y-Axis
 - Use second X-Axis
 - Use second Y-Axis
 - Average - 50
 - Show Focus Tool
 - Logarithmic Y-axis
 - Synthesize



Calibration Wizard

Linear Non-Linear

Calibrate Point 1

1. Click on pixel #1 in your profile.

735,0

2. Enter the pixel's wavelength:

Zero

0

Calibrate Point 2

3. Click on pixel #2 in your profile.

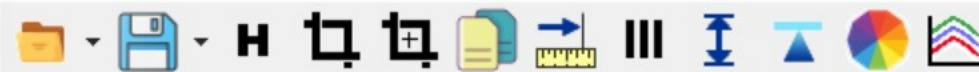
1032,0

4. Enter the pixel's wavelength:

Hydrogen beta

4861

Use One Point Alignment

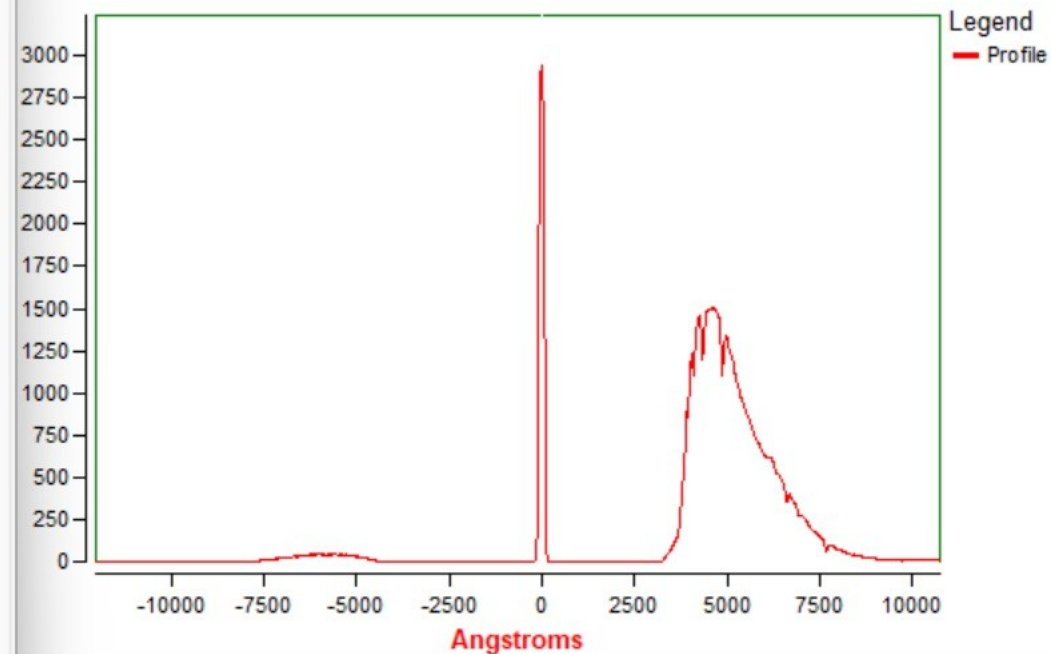


Maximize



Maximize

Angstroms/Pixel: 16,4



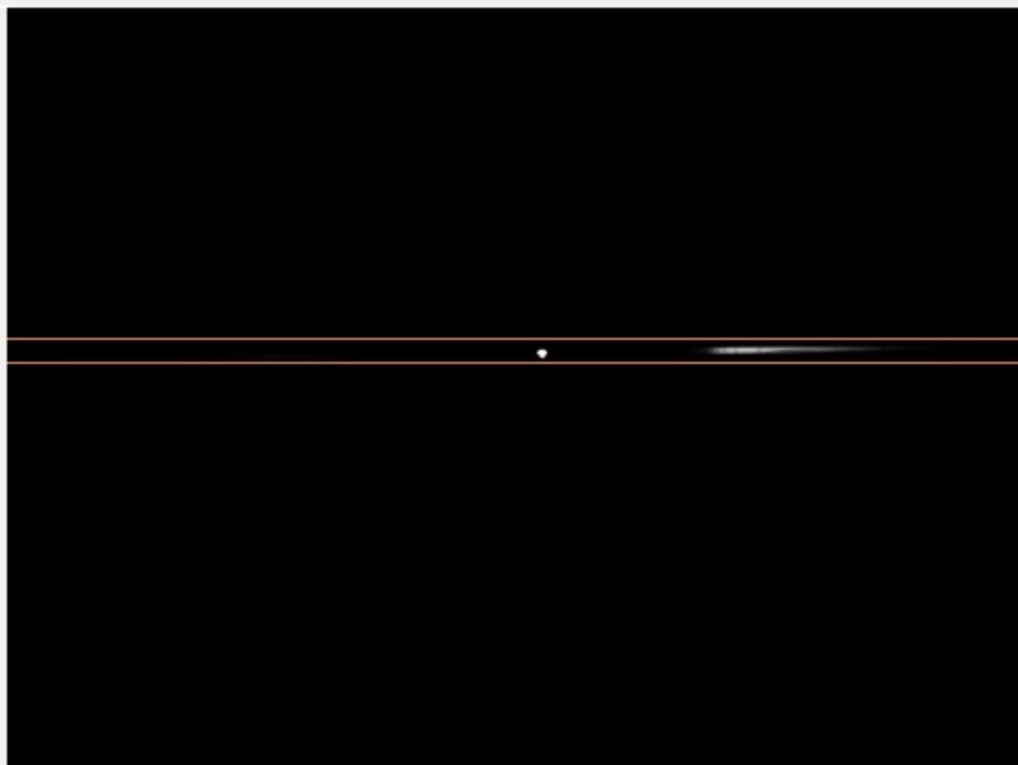
Calibrate Appearance Reference

- Controls
- Auto-Scale Y-Axis
 - Use second X-Axis
 - Use second Y-Axis
 - Average - 50
 - Show Focus Tool

Rotate - 201,0 Subtract

Live Camera Video File

C:\Users\Inge Arvid\Desktop\SharpC

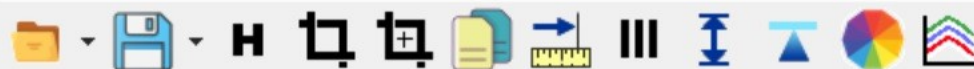


Rotate - 201,0 Subtract background

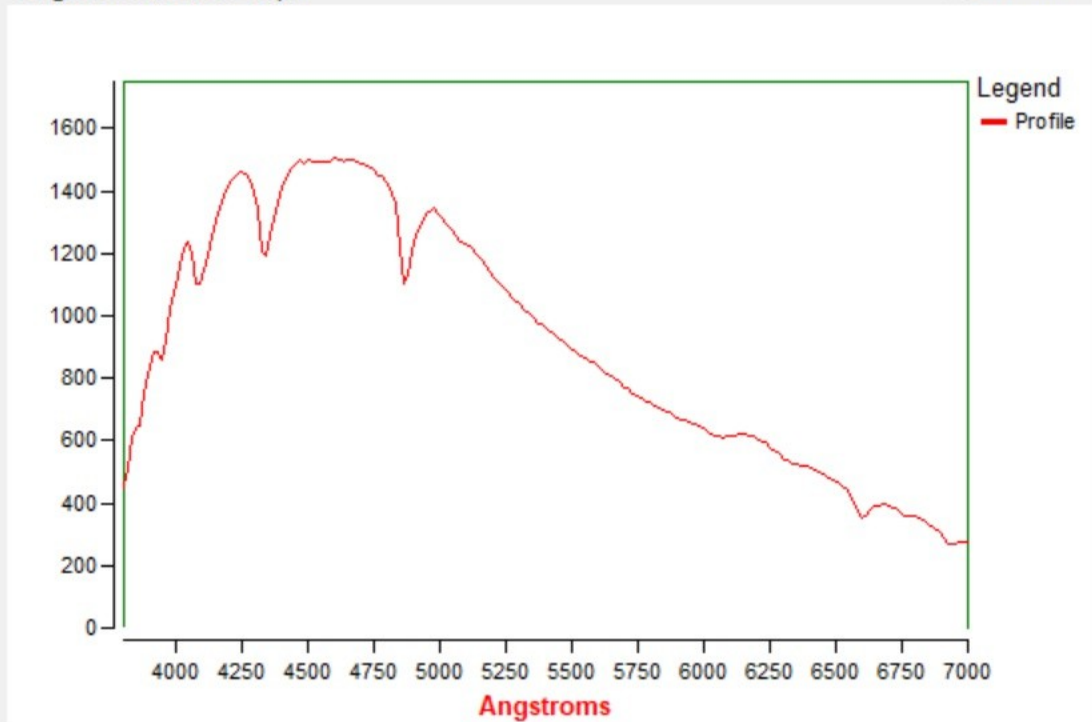
Live Camera Video File Image File

C:\Users\Inge Arvid\Desktop\SharpCap Captures_old\2023-03-07\Beta_Aur\22_58_54\Beta_Aur_00001.t

Auto-Open new files

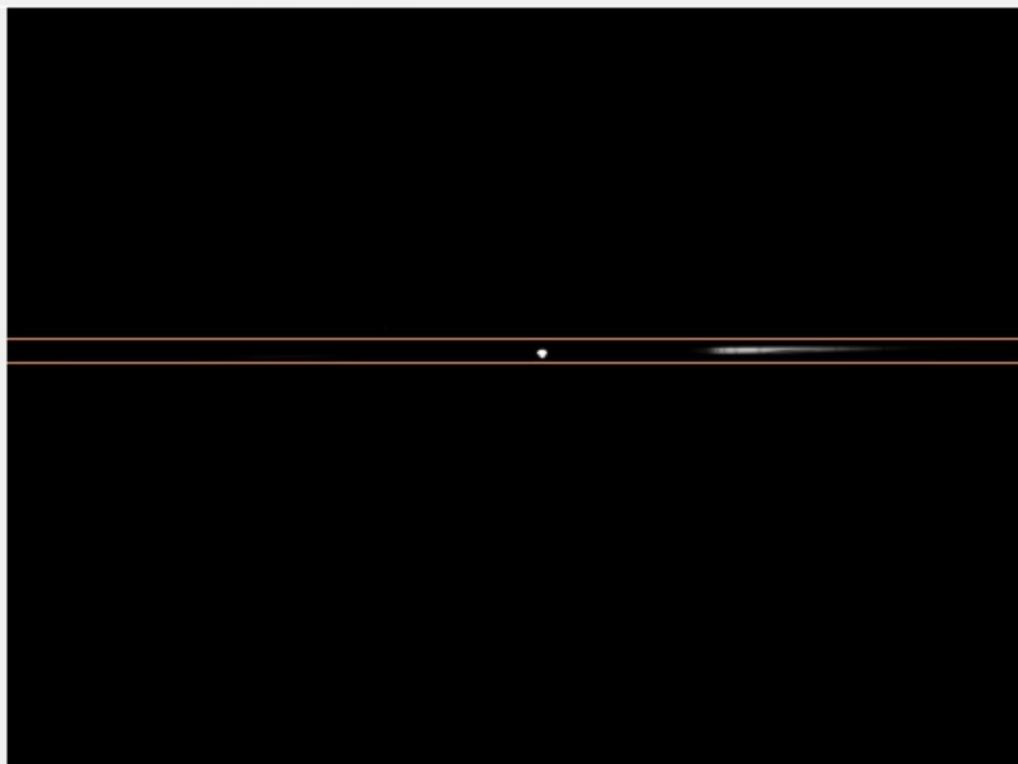


Angstroms/Pixel: 16,4 Maximize



Calibrate Appearance Reference

- Controls
- Auto-Scale Y-Axis
 - Use second X-Axis
 - Use second Y-Axis
 - Average - 50
 - Show Focus Tool
 - Logarithmic Y-axis
 - Synthesize

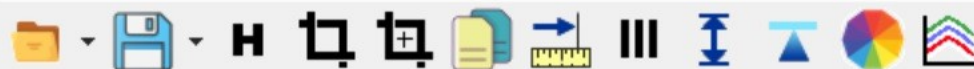


Rotate - 201,0 Subtract background

Live Camera Video File Image File

C:\Users\Inge Arvid\Desktop\SharpCap Captures_old\2023-03-07\Beta_Aur\22_58_54\Beta_Aur_00001.t Open

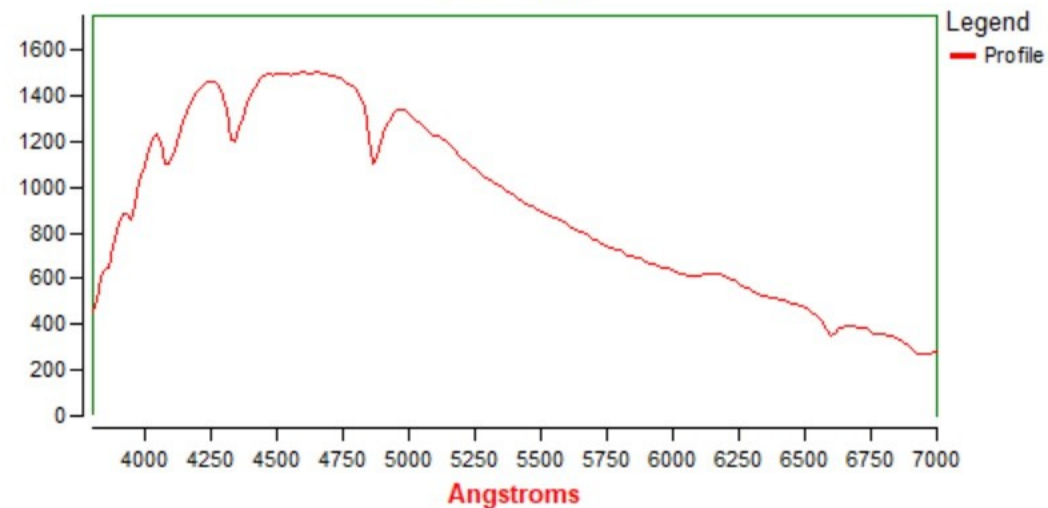
Auto-Open new files



Angstroms/Pixel: 16,4

Maximize

β Aurigae



Fill

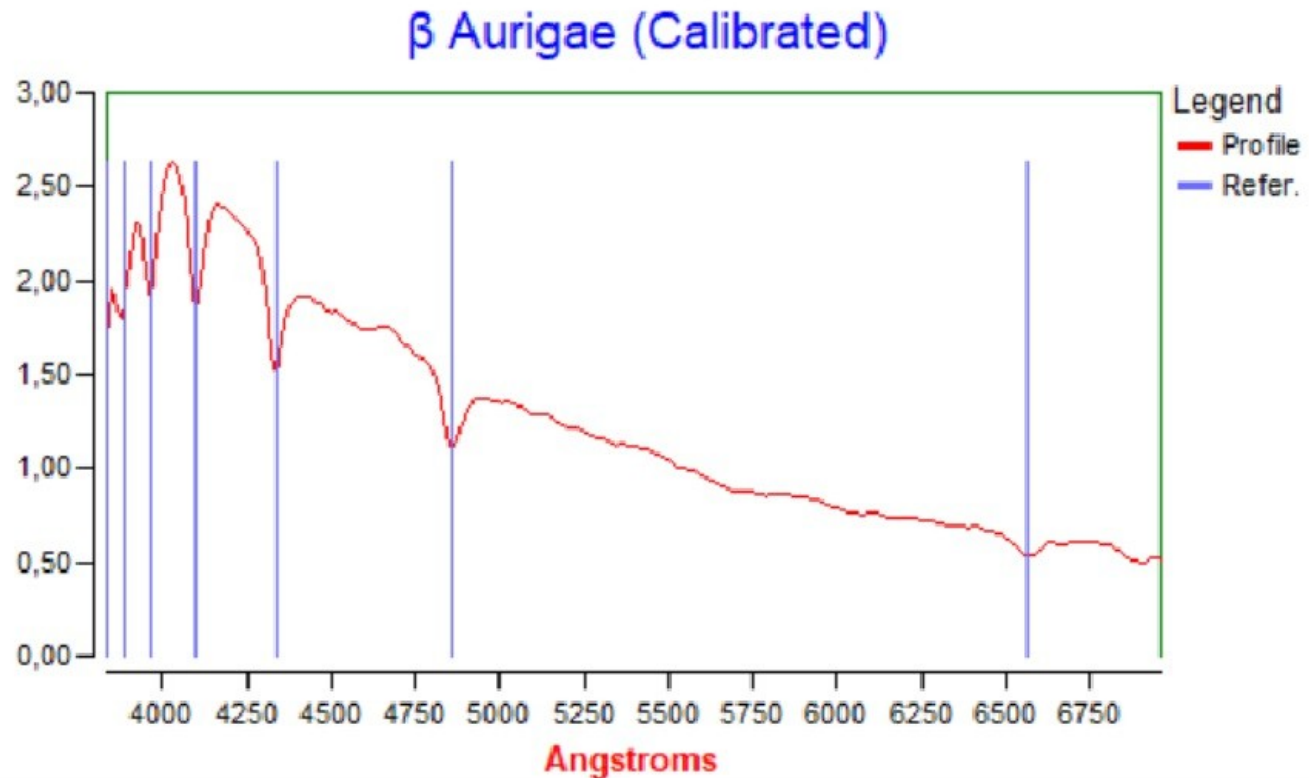
Calibrate Appearance Reference

Controls

- Auto-Scale Y-Axis
- Use second X-Axis
- Use second Y-Axis
- Average - 50
- Show Focus Tool
- Logarithmic Y-axis
- Synthesize

Set Zoom

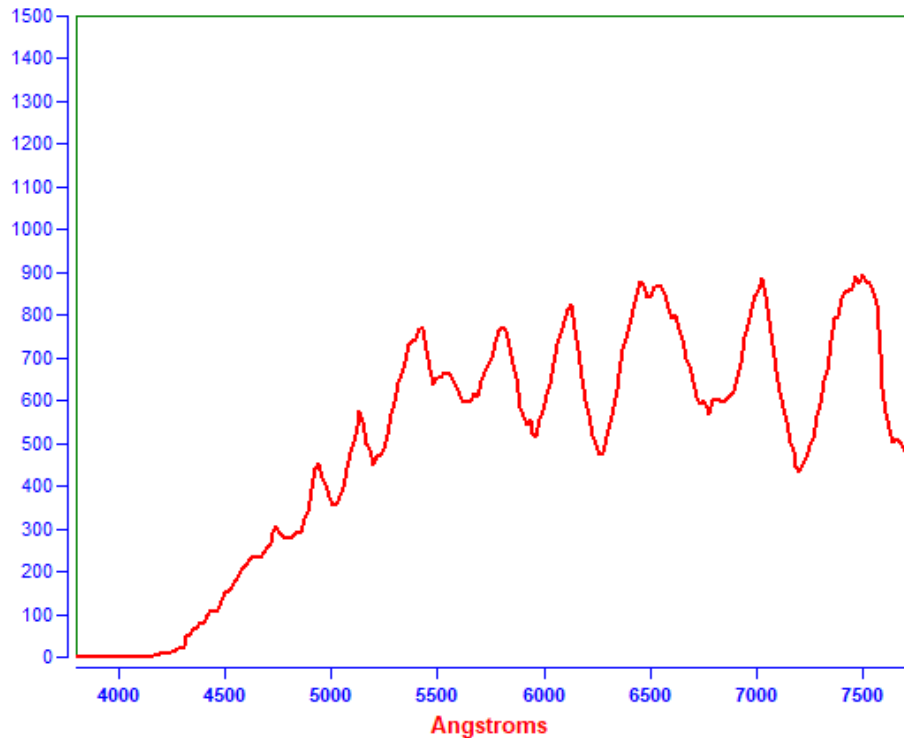
Spektrum av β Aurigae kalibrert mot sensorfølsomhet



Fill

MAurigae – spektraltypen M

Pi Aurigae

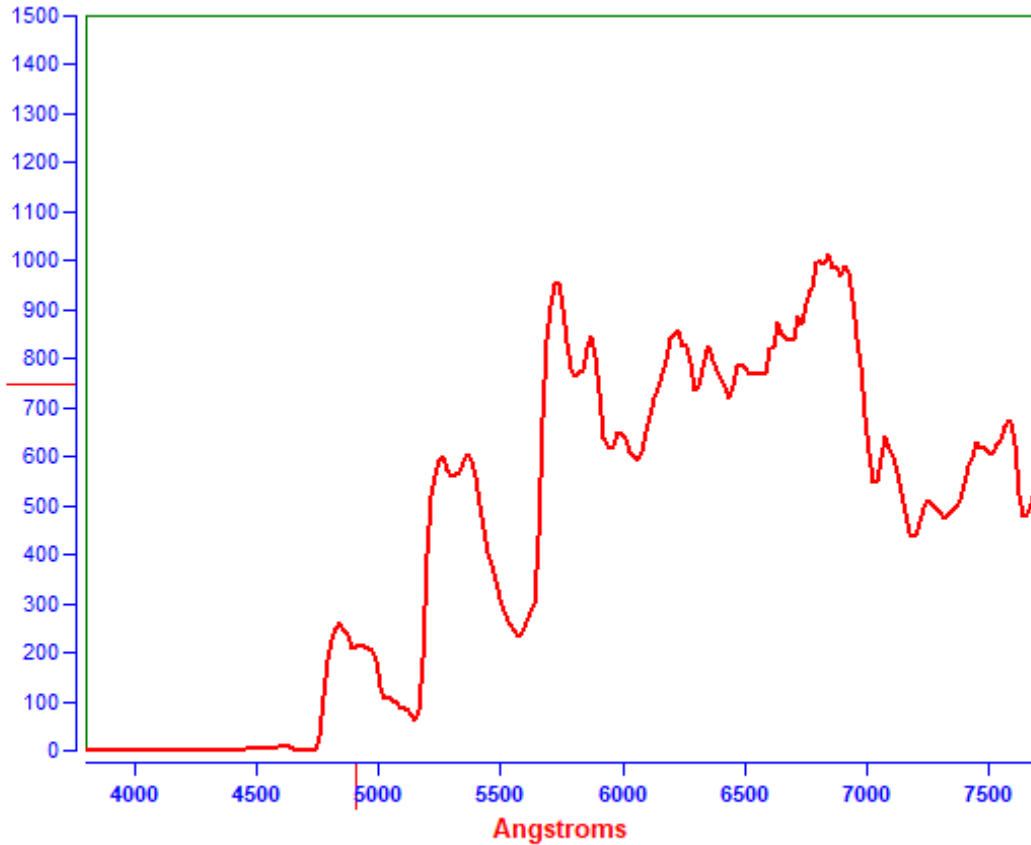


Samme spektraltypen som
Betelgeuze og Antares.



En kald stjerne med molekyler i atmosfæren,

Y Canum Venaticorum



Denne stjernen varierer en del i lysstyrke, men har typisk magnitudo 5. Den tilhører spektraltypen N og ser rød ud igennem teleskopet.



Star'Ex, et spektroskop med spalt

3D-printet spektroskop med optikk fra Shelyak instruments.

Finnes i tre utgaver:

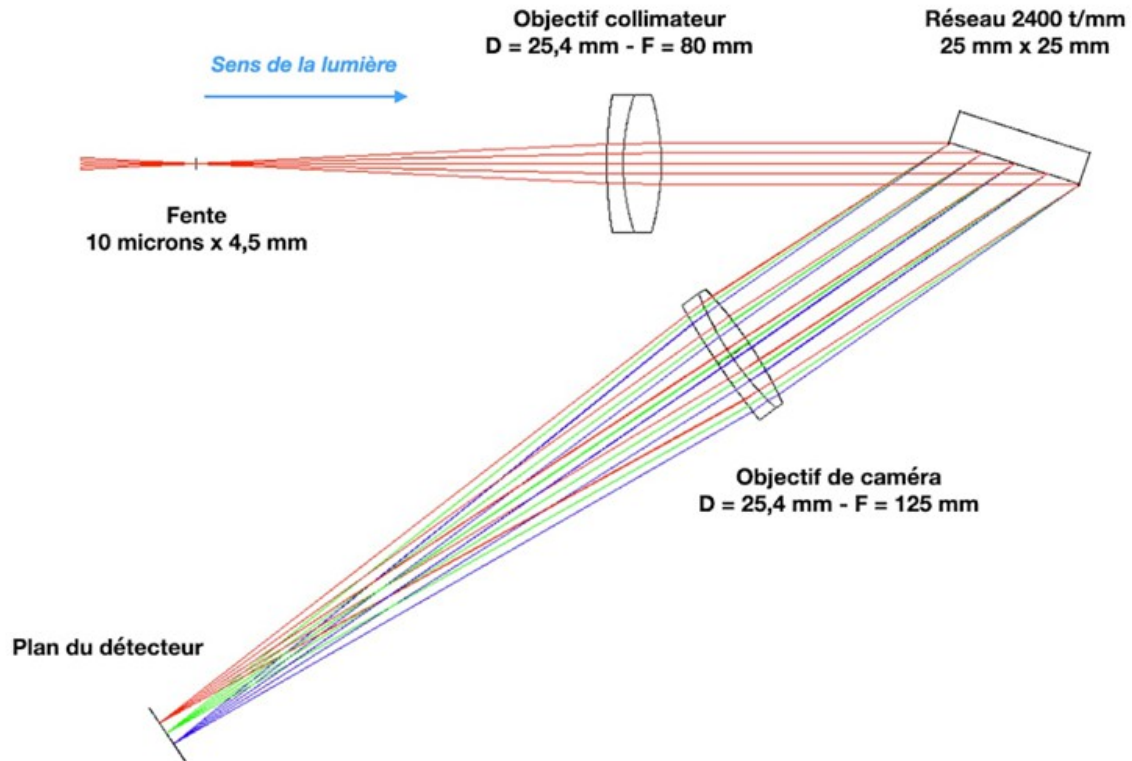
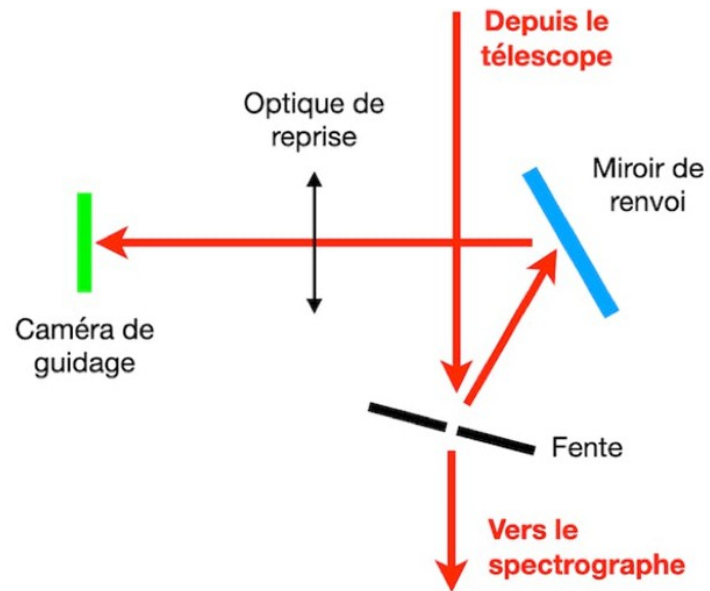
Star'Ex Haute Resolution (2400 linjer/mm)

Star'Ex Basse Resolution (300 linjer/mm)

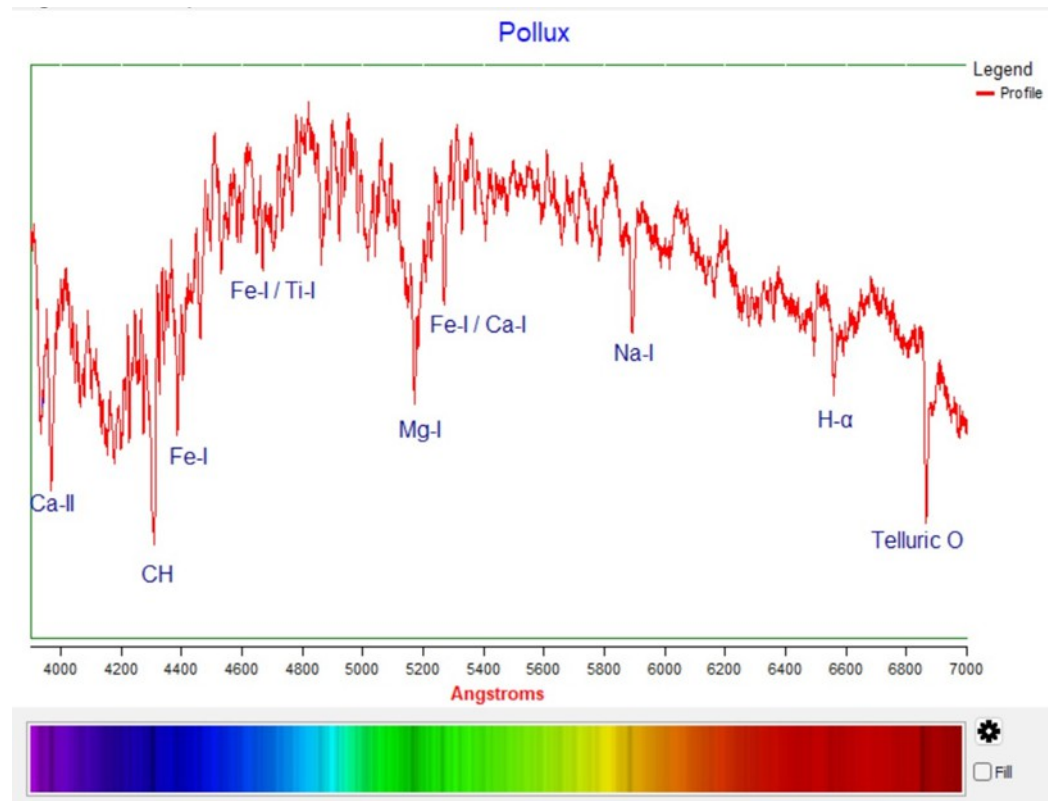
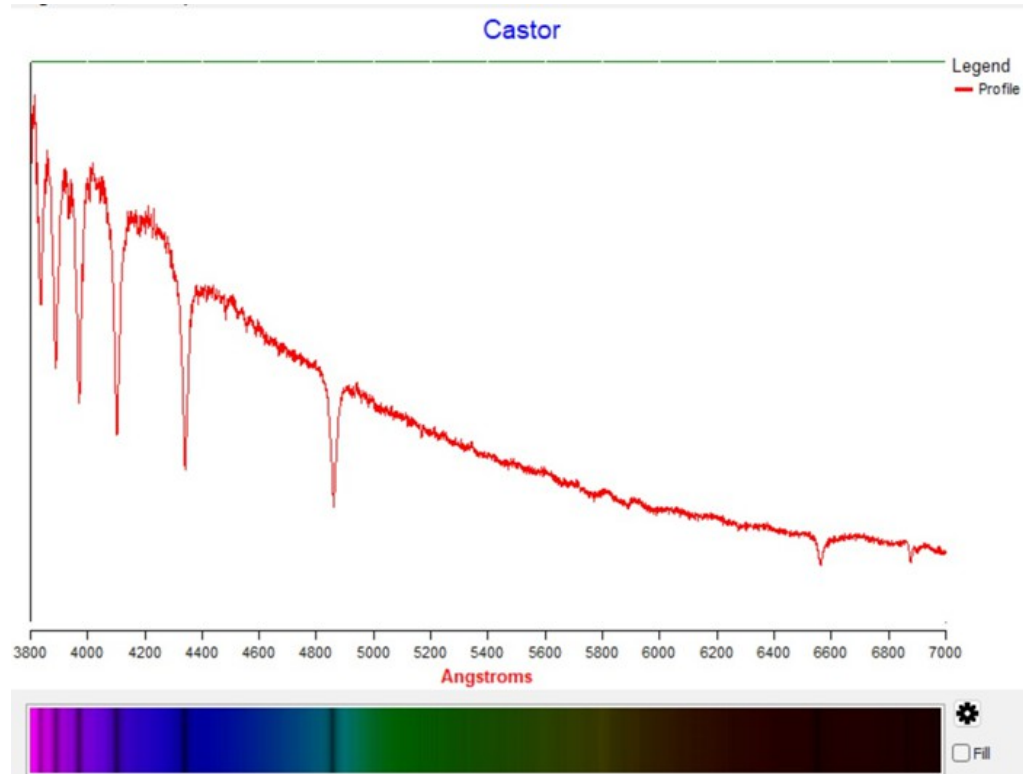
Sol'Ex (2400 linjer/mm – spektroheliograf)



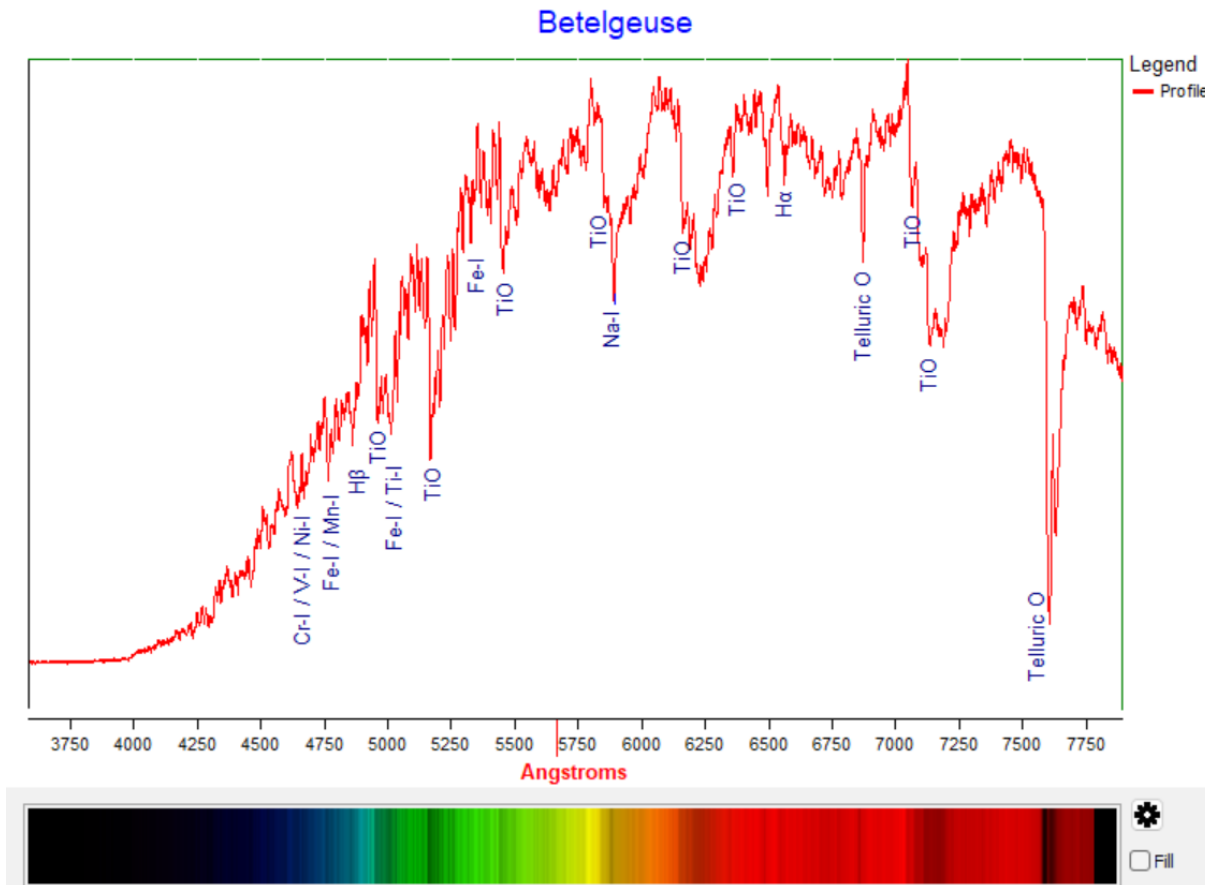
Star'Ex prinsipp



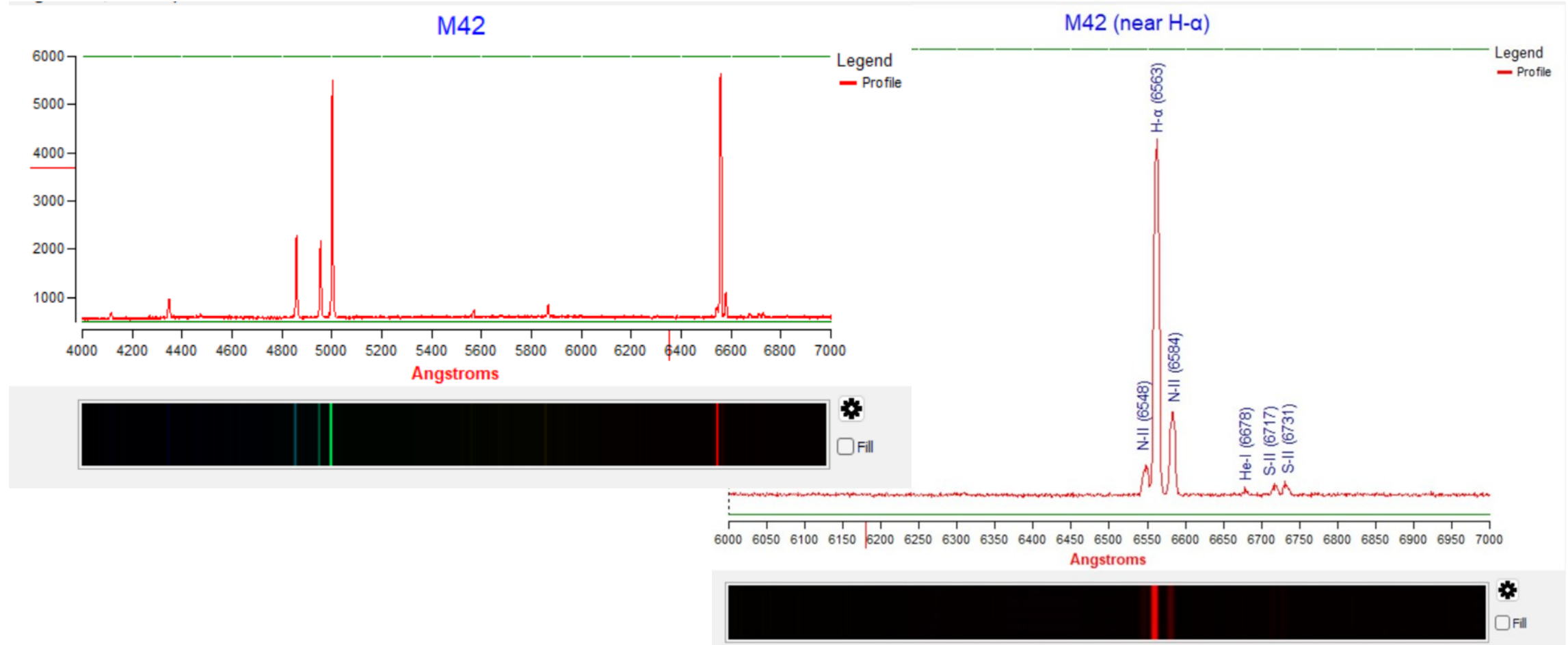
Castor og Pollux – en varm og en kald stjerne



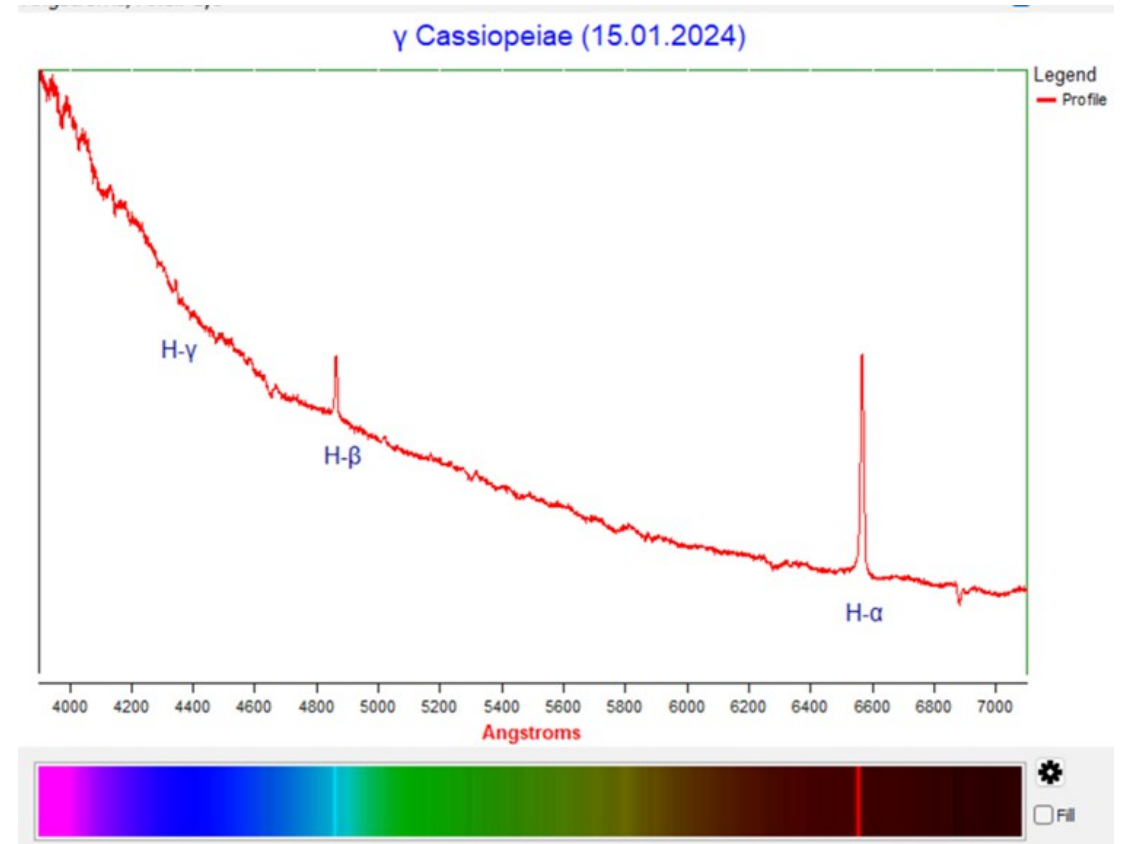
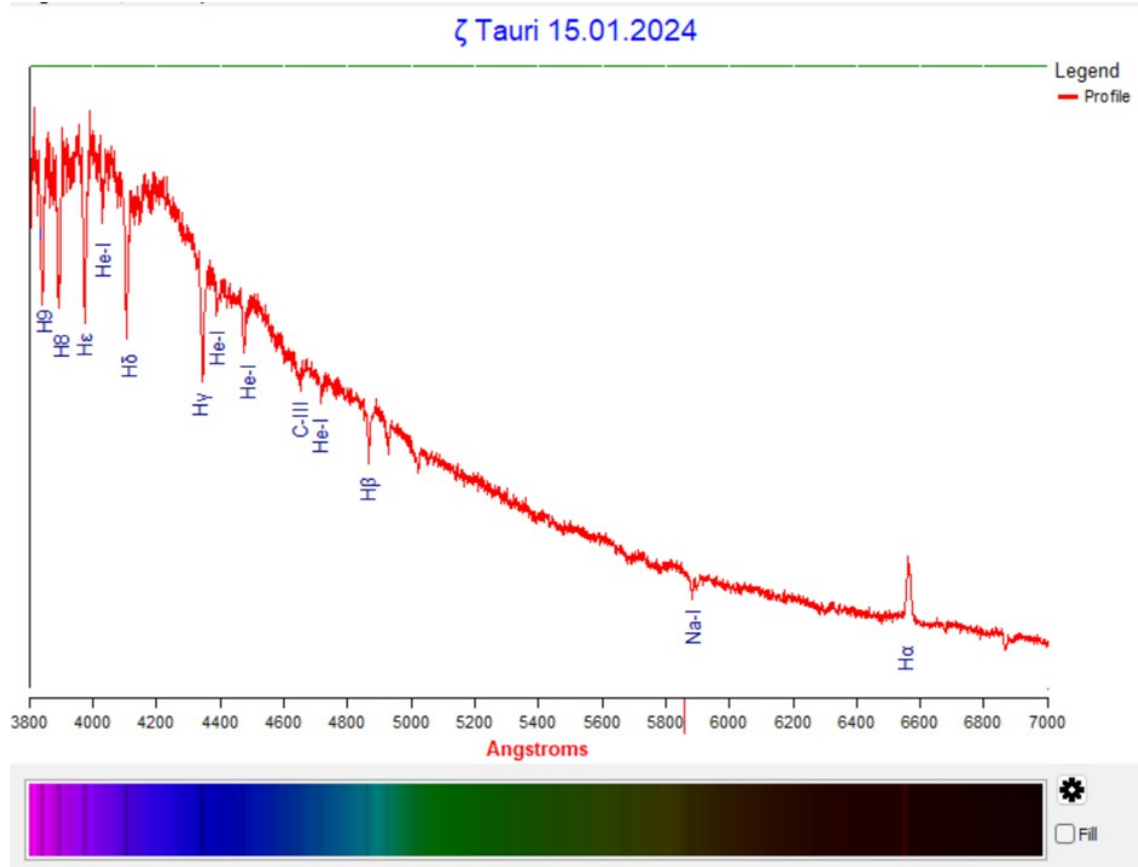
Betelgeuse – spektraltyp M.



Spekteret av Orion-tåken, M42



Stjerner med emisjonslinjer



\cap Lyrae - Shelyak

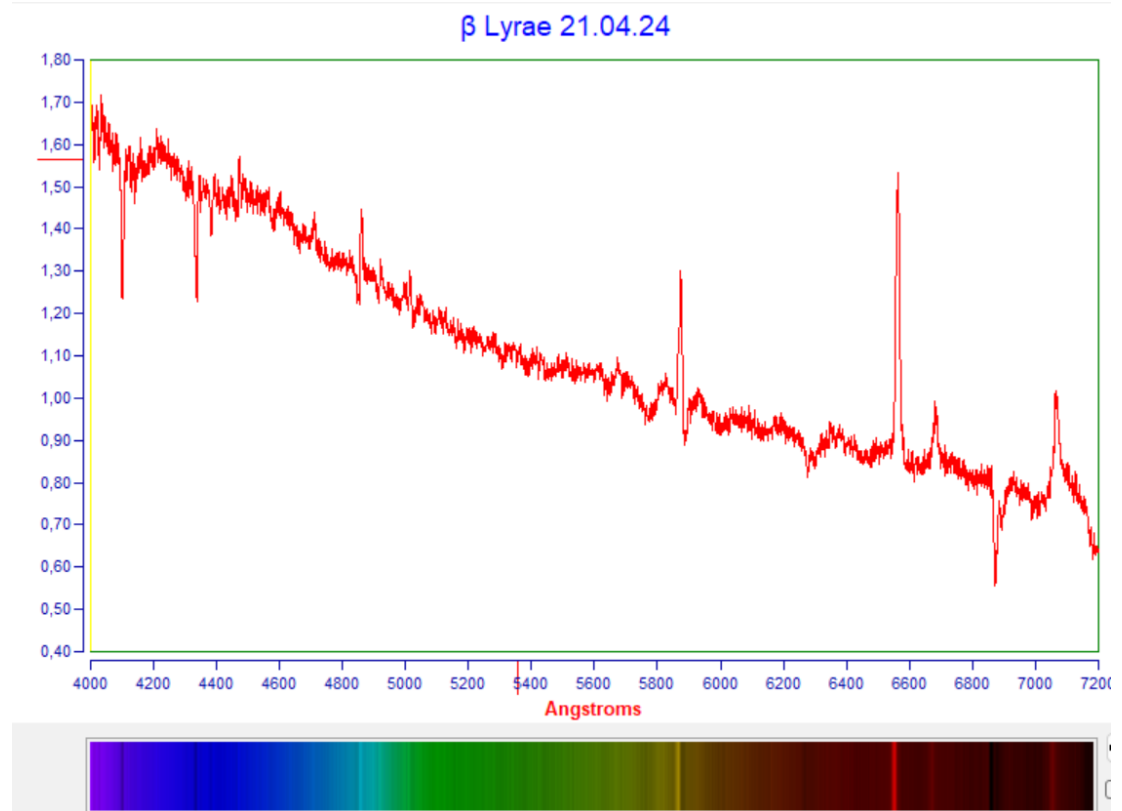
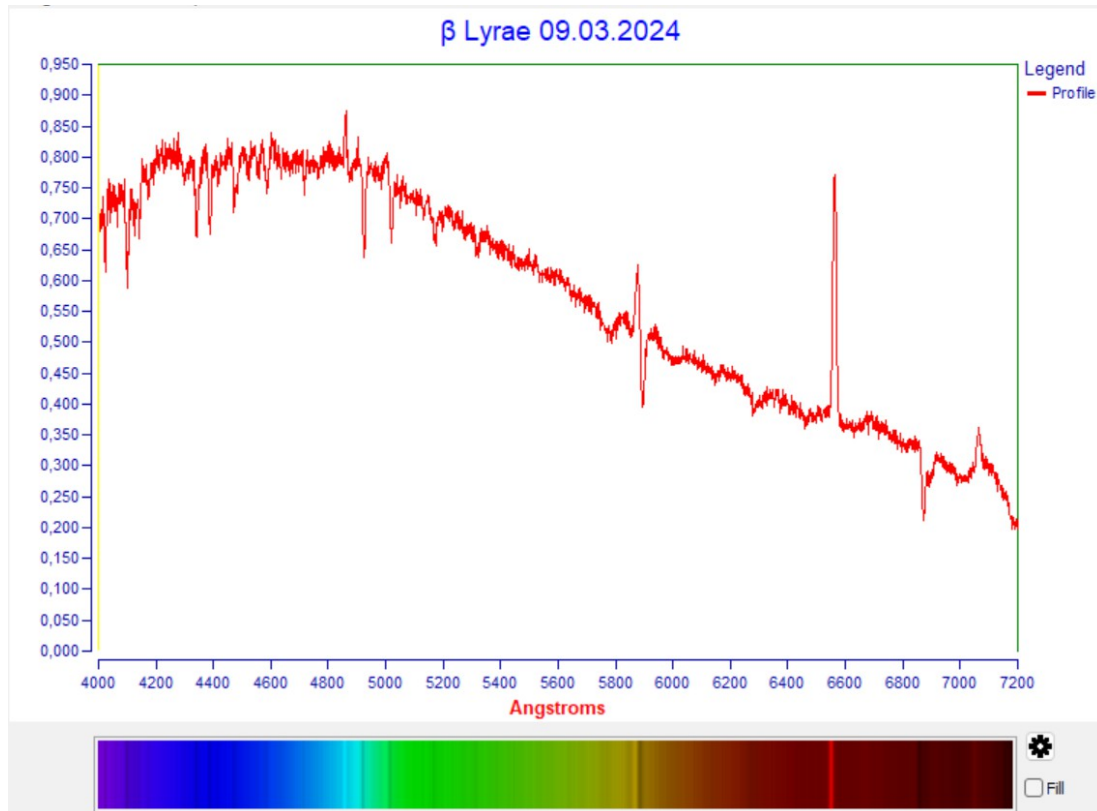


Bildet er fra ei gammel bok fra rundt 1960. Det er en illustrasjon av hvordan dobbeltstjernesystemet \cap Lyrae kunne sett ut fra en tilhørende planet.

Dette er to kjempestjerner med spektratype B som ligger så tett inntil hverandre at det utveksles masse mellom dem og noe slynges ut i rommet. Omløpstiden til dobbeltstjernesystemet er omtrent 13 døgn.

Spekteret til \cap Lyrae har mange interessante trekk og varierer betydelig over tid.

Spektra av β Lyrae på to datoer ved lav oppløsning



Litt behov for å finjustere korrigeringen for instrument-respons, men det er tydelige forskjeller mellom emisjons- og absorpsjonslinjene på de to datoene.

Nyeste leketøy

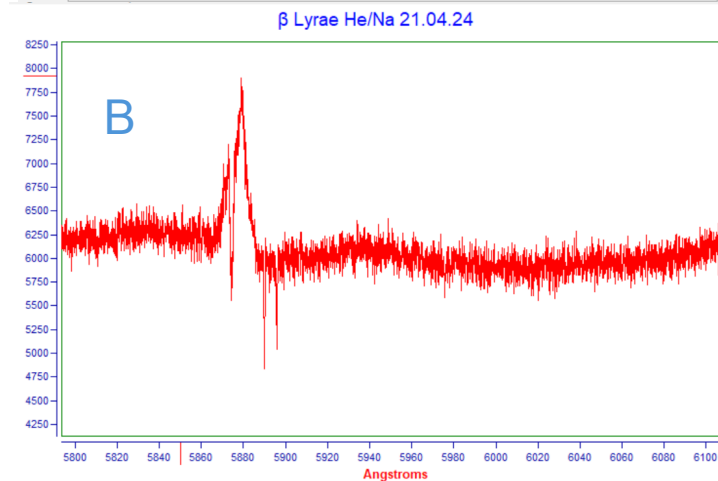
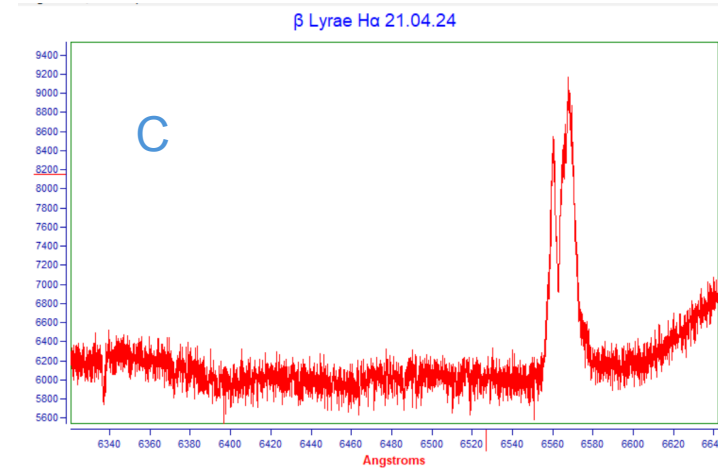
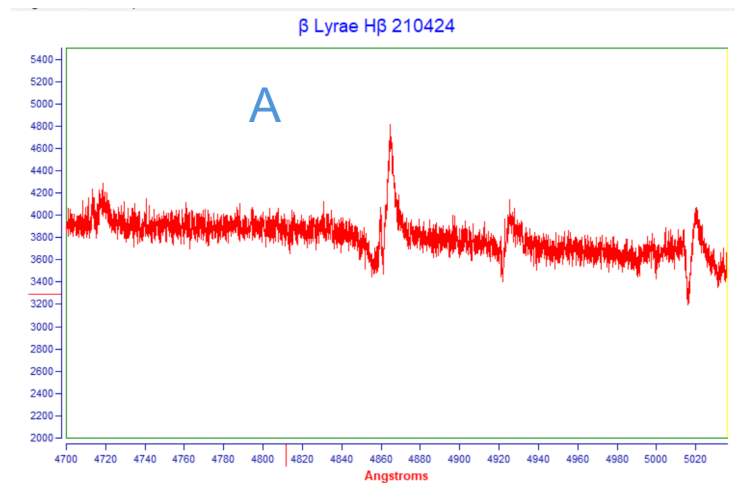
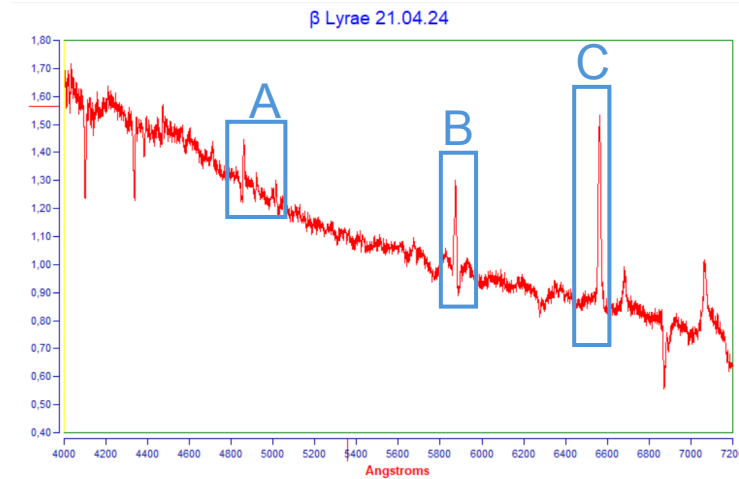
Star'Ex haute résolution.
Standard-gitter: 2400 linjer/mm

Planlagt utvidelse med to ekstra
gitter på 300 og 1200 linjer/mm

Har hatt mulighet til å teste en gang,
og valgte da å se på \cap Lyrae.



Deler av spekteret for β Lyrae 21.04.24 målt med høy oppløsning



A: Nær H α som er tydeligste topp. De to andre skyldes helium.

B: Nær den dobbelte absorpsjonslinjen fra natrium som sees som to markerte mørke linjer. I tillegg en bred emisjonslinje med en markert absorpsjonslinje til venstre for midten. Dette skyldes helium.

C: H ϵ Dette er også en bred emisjonslinje som er splittet av en tydelig absorpsjonslinje.

Disse effektene kan tyde på at dobbeltstjernen er omgitt av en gassky i baneplanet som beveger seg raskt rundt stjernene. Absorpsjonen kommer som følge av at noe av gasskyen kommer foran en eller begge