

Analyse af stjernelys

Benyt siderne 53-55 i bogen samt tavlenotaterne for 28/10 til at svare på nedenstående spørgsmål.

- Forklar hvad farveindekset B-V er.
- Hvad sker der med farveindekset for stjerner, når temperaturen vokser?
- Kan du forklare hvorfor ændringen i farveindekser er, som du fandt i spørgsmål b)? (Hints: Se på grafen side 30 samt definition af størrelsesklasser side 55.) Du kan evt. kigge i programmet, der er angivet i fodnote 1 til at se, hvad der sker med B-V, når temperaturen ændres.

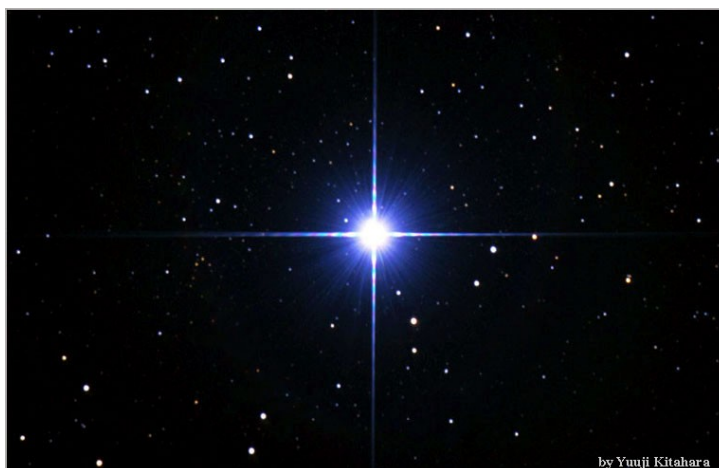
Sirius' lysstyrke, temperatur og radius

I opgaven om Sirius' spektrum fandt du Sirius' spektraltype, og du identificerede spektrallinier fra stjernens atmosfære.

Spektrallinierne kan analyseres til også at finde stjernens temperatur, men det er svært. Heldigvis er der en simplere metode, som du skal bruge i denne opgave. Derudover skal stjernens radius også bestemmes.

Først skal du måle stjernens temperatur. Det gøres ved at måle det lys, som

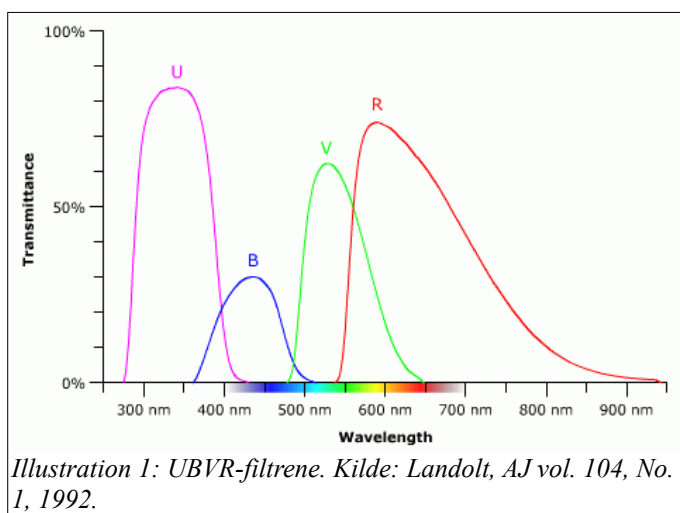
transmitteres gennem nogle bestemte typer farvefiltre, og så indsætte tallene i en formel. Derved opnås det såkaldte *farveindex*, der kan bruges til at finde temperaturen – enten ved en beregning, eller ved at aflæse på en graf. Endelig kan man også benytte programmet i webstedet i fodnoten¹ til at finde temperaturen.



Johnson-filtre

Astronomerne H. L. Johnson og W. W. Morgan opfandt det såkaldte *UBVR*-system, som bruges til at måle stjernelys gennem forskellige farvefiltre. *U* er et ultraviolet filter, *B* er et blåt filter, *V* er et visuelt filter, dvs. grønt, og *R* er et rødt filter. På illustration 1 kan du se transmissionskurver for filtrene.

Filtrene blev oprindeligt lavet, så de i en vis grad kunne simulere øjets følsomhed. (Vi kan naturligvis ikke se ultraviolet stråling, og i dag anvendes også infrarøde filtre i systemet. Dette system kaldes Johnson-Cousins-systemet.)



Metoden har fordele og ulemper, og derfor har man også andre filtersystemer – f.eks. det såkaldte Strömgren *uvby*-filtersystem.

¹ NAAP Labs nr. 7: Blackbody Curves and Filter Explorer.

Øvelse 1

- Benyt programmet, som er angivet i fodnoten². Vælg *blackbody* som lyskilde.
- Betragt illustration 2. Her ser du et skærbilledet af programmet. Vælg forskellige filtre fra midterpanelet, træk dem ind i ”forsøgsopstillingen” i det mørke del af vinduet og se hvordan spektret ser ud, og hvordan lyset ser ud igennem filtrene.

Luminositetsbestemmelse

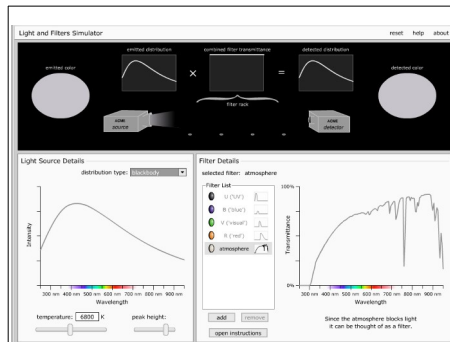


Illustration 2: En Planck-kurve til venstre. Toppunktet er temperaturafhængigt. Til højre kan man se det målte spektrum, når der er filter foran detektoren. Kilde: Astro.unl.edu.

Absolut Luminositet, L , er det samme som stjernens effekt; man kan relativt nemt måle den tilsyneladende luminositet, l , ved at måle stjernens samlede intensitet uden et påsat filter. I princippet peger man en kikkert med et bestemt tværsnitsareal, A , mod stjernen og måler energien af lyset, E , i et givet tidsrum, Δt . Derved kan man finde $l = \frac{E}{A \cdot \Delta t}$. I praksis måler man ikke E , men et antal fotoner. Derfor er det nødvendigt at omregne de målte tal til de rigtige enheder, ved at sammenligne med standardværdier³.

Når l er kendt, skal man finde afstanden, d , til stjernen, og derefter kan den absolutte luminositet findes ved hjælp af afstandskvadratloven, som med vores valg af symboler ser ud som følger

$$L = l \cdot A_{kugle} = l \cdot 4 \cdot \pi \cdot d^2. \quad (1)$$

For Sirius har man fundet at $L_{\text{Sirius}} = 25,4 \cdot L_{\text{Sol}}$. Denne værdi skal bruges i øvelse 3.

Temperaturbestemmelse

Hvis man sætter filtre foran kameraet, får man sorteret i fotonernes energi, og da fordelingen af lys jo afhænger af temperaturen, som det kan ses af Planckkurver, der kan simuleres på webstedet fra fodnote 2, bliver det muligt finde stjernens temperatur.

Øvelse 2

- Åbn VIREO⁴ og vælg øvelsen *Photoelectric Photometry of the Pleiades*⁵.
- Vælg 0,4 m-teleskopet, åbn kuplen, tænd for teleskopkontrolpanelet og tænd for trackingen.
- Indtast Sirius' koordinater (*slew*) som er ($6^{\text{h}}45^{\text{m}}9^{\text{s}}$; $-16^{\circ}42'58''$).
- Vælg *Telescope* og derefter *Photometer*. Hvis cirklen ikke dækker hele stjernen, skal du vælge *Aperture* og justere diameteren, så hele stjernen er indenfor cirklen.
- Flyt den røde cirkel udenfor stjernen, og vælg den korteste eksponeringstid. Mål himmelbaggrunden ved B , V og R .



Illustration 3: Et skærbillede fra Vireo, når man har valgt Sirius. Kilde: Se fodnote 4.

2 NAAP Labs nr. 7: Light & Filter Simulator.

3 Detektorer registrerer sjældent lyset fra alle bølgelængder, og da stjernernes spektre ligger i forskellige bølgelængdeintervaller, skal man også tage højde for det. Det hedder at foretage en *bolometrisk korrektion*.

4 Programmet ligger på astronomi-serveren på Rosborg, men andre kan downloade programmet her: <http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/Vireo.html>

5 Sirius ligger langt fra Plejaderne, men der er flere stjernerdata i programmet end titlen angiver.

- f) Træk skyderen med titlen *Reading* til at stå ud for *Object*. Drej den røde cirkel ind i midten af Sirius.
- g) Mål stjernens intensitet ved *B*, *V* og *R*. NB: Programmet spørger selv om du vil gemme, og det skal du naturligvis sige ja til. Sirius er ganske kraftig, så skru ned for måletiden. Hvis programmet giver en fejl ved "magnitudo", så skal du skrive Mean Counts/sec ned på papir. Husk at gøre det for både *B*, *V*, og *R*.
- h) Når du har lavet de 6 målinger, kan du trykke på *File-Data-Review Data*. Skriv *B*, *V* og *R* ned. Hvis du i spørgsmål g måtte skrive tællertallene ned, så kan du beregne *B*, *V*, og *R*, ved at skrive $m_{\text{instrument}} = -2,5\log(\text{tællertal-baggrund})$.⁶
- i) Benyt dine resultater fra spørgsmål g til at beregne *B-V* samt *V-R*.
- j) Aflæs temperaturen på illustration 4.
- k) Du kan også besøge webstedet i fodnoten⁷, og justere i temperaturen, indtil du får dine beregnede værdier fra spørgsmål i. (NB: Tryk først på fanebladet *Filters* inde på webstedet.)

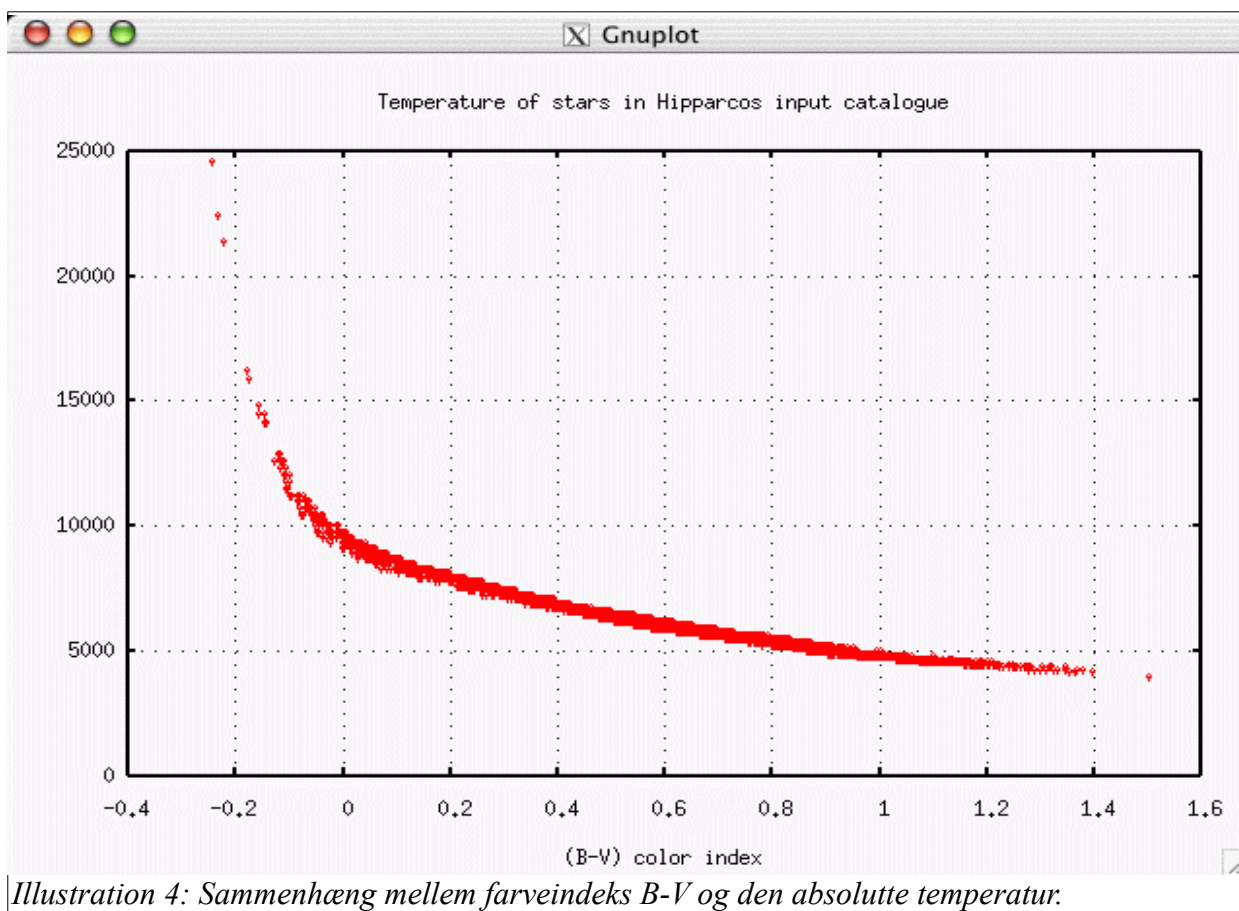


Illustration 4: Sammenhæng mellem farveindeks *B-V* og den absolutte temperatur.

Sirius' radius

Endelig kan stjernens radius bestemmes. Stefan-Boltzmanns lov er

$$L = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \sigma \cdot T^4. \quad (2)$$

Normalt deler man venstre side af formlen med Solens Luminositet, og man deler højresiden med de tilsvarende tal for Solen. Derved kommer loven til at se ud som følger:

$$\frac{L}{L_{\text{sol}}} = \left(\frac{R}{R_{\text{sol}}}\right)^2 \cdot \left(\frac{T}{T_{\text{sol}}}\right)^4. \quad (3)$$

⁶ Der indgår generelt nogle konstanter i omregningen fra instrument- til standardstørrelsesklasser. Dem ser vi bort fra her.

⁷ NAAP Labs nr. 7: Blackbody Curves and Filter Explorer.

Øvelse 3

- a) Indsæt din fundne temperatur ovenfor, og find Sirius' radius. Du kan benytte tabelværdierne for Solen ved beregningen. De er anført nedenfor.

$$T_{Sol} = 5800\text{K}$$

$$L_{Sirius} = 25,4 \cdot L_{Sol}.$$