

## Spectrale klassificatie



mei 72 voor Hucit  
Lugden

### Materiaal:

- Objectiefprisma plaat.  
Opname van een veld van  $\pm 5^\circ$  even ten Zuiden van  $\gamma$  Cygni, het centrum van het Noorder Kruis, dus op de galactische equator. De opname werd gemaakt op 16-17 oktober 1950 met de 24 inch Schmidt teleskoop van het Warner and Swasey Observatorium in Ohio, U.S.A. Belichtingstijd: 4 minuten. De meeste sterren zijn van  $7^m$  tot  $9^m$ . De helderste ster, P Cygni, links op de plaat (= Noorden), is van  $5^m$  en sterk overbelicht.
- Vergelijkspectra.  
De spectra zijn gerangschikt in volgorde van afnemende oppervlakte temperatuur. Er is dezelfde emulsie als voor de objectiefprisma-plaat gebruikt. Vergelijk deze spectra met de beschrijving op p. 2 en met Uw collegedictaat p. 23.
- Nova, Wolf-Rayet en P Cygni spleetspectrograaf spectra.
- Bonner Spectrale Atlas

### Experiment:

1. Bestudeer objectiefprisma-plaat en vergelijkspectra. (n.b. hetzelfde fotografische materiaal)
  - a) Waar ligt de gevoeligheid? (in welke kleur)
  - b) Wat valt U op aan de vergelijkspectra?
2. Vind de dispersie in  $\text{\AA}/\text{mm}$ .
3. Tracht de eerste zes sterren te rangschikken.
4. Tracht het spectraaltype van de overige sterren te vinden.
5. Maak een lijst van de aantallen per spectraalklasse. Aannemende dat dit een redelijke verdeling is voor de galactische equator, vergelijk dit dan eens met de verdeling op een hoge galactische breedte ( $60^\circ$ ) in een veld van  $5^\circ$ : B,0; A,2; F,3; G,2; K,4; M,1. Hoe verklaart U het resultaat van de vergelijking?
6. Is het mogelijk de magnitude van de sterren op de foto te schatten?
7. De lichtsterkte (luminosity) klassificatie. (Zie tabel achterin.) Met behulp van een sterspectrum is het ook mogelijk te onderscheiden of men met een reus of een dwerg te doen heeft. Ga dit nu eens na, door uit de Bonner Spectrale Atlas enige spectra van dezelfde spectraalklasse, maar van verschillende lichtkracht onder elkaar te zetten. Bekijk met name fig. 94 in Wanders "Sterrenkunde". We zien dezelfde spectraallijnen maar van verschillende breedte. Beschouw b.v. het paar Sr II  $\lambda$  4216 en Ca I 4227. Waarom? Geef een verklaring.
8. We spreken per definitie van een normaal spectrum als de sterkte van de absorptielijnen alle overeenstemmen met de voor die ster-soort kenmerkende lijnsterkten. Een spectrum dat emissielijnen bevat of met de tijd varieert (dubbelsterren uitgezonderd) is zonder meer abnormaal (peculiar: notatie "p").
  - a) Probeer m.b.v. de normale vergelijkspectra en de spectra van  $\gamma$  Geminorum en de zon de sterren HD 140283 en 63 Tau te klassificeren. Let hierbij vooral op de waterstof en Ca II resonantielijnen (H en K lijnen Ca II). Zijn de vleugels van deze sterke lijnen in de spectra van 63 Tau en HD 140283 "anders" dan in normale hoofdreekssterren? Licht je antwoord fysisch toe. Stemt

de sterkte van de metaallijnen met de gevonden klassificatie overeen? Voor welk spectraaltype zijn de metaallijnen van 63 Tau kenmerkend?

- b) Behalve de spectraalklasse en daaruit de effectieve temperatuur kan men uit een sterspectrum nog veel meer grootheden afleiden. Eén van deze grootheden is de radiële snelheid van het emitterende of absorberende gas. Door de preciese golflengte van een waargenomen spectraallijn te bepalen en deze te vergelijken met de  $\lambda$  van bepaalde Fe-lijnen in het ijspectrum, vinden we door interpolatie de  $\lambda$ -verschuiving en dus de radiële snelheid, aannemende dat we met een Doppler-verschuiving te doen hebben. Ook kan het voorkomen dat een lijn verbreed is. Bekijk nu de spectra van een nova, van een Wolf-Rayet ster en van P Cygni. Wat ziet U voor bijzonders?  
(Nova Spectrum foto nr. 4)  
Bepaal voor de W.R. ster, P-Cygni en de nova Hercules 1934 snelheden van of in de gasschil. Nova Hercules vertoont een sterk variabel spectrum, bekijk i.h.b. de waterstoflijnen en de variatie in sterkte van de twee lijnen: Mg II (4481 Å) en He I (4471 Å).
- c) ~~Bekijk nu de foto's nr. 7 en 8. Vergelijk de spectra van P Cygni op de foto's nrs. 14 en 8. Kun je op grond van deze twee foto's iets zeggen over het interstellair medium?~~
- d) Bestudeer één van de foto's nrs. 1, 5 of 2.  
Probeer het object of de objecten te klassificeren en er iets over te weten te komen. Bijvoorbeeld:  
Waar ontstaat de straling?  
Wat is de dichtheid en/of de temperatuur van het emitterende medium?  
Kun je iets zeggen over abundanties?  
Waar ontstaan eventuele Dopplerverschuivingen.  
(Bij foto nr. 5: let speciaal eens op de spectra van: L 970-30, L 1573-31, HZ 21 en R 640).
- e) Bekijk eens de spectra die ter illustratie aanwezig zijn. Twee spectra zijn van magnetische sterren en twee spectra zijn afkomstig van de B2p ster  $\zeta$  Tau.

Vergelijk de volgende beschrijving met de vergelijksspectra:

- O - De temperatuur in deze klasse is zo hoog dat helium enkelvoudig en andere elementen minstens tweevoudig geïoniseerd zijn. In het zichtbare gebied vertonen deze spectra praktisch geen enkel kenmerk, maar ze zijn zeer sterk in het UV.
- B0 - Op een lang continuum zijn de Balmer waterstoflijnen zwak zichtbaar; als het spectrum goed is belicht, kunnen een paar heliumlijnen worden gezien. Neutraal helium is het sterkst bij B2 en wordt dan snel minder naar A0.
- A0 - De waterstoflijnen van de Balmer serie zijn sterk ('t sterkst bij A3); helium is niet langer aanwezig. Op deze reproductie is de calcium K lijn zwak zichtbaar in de A2 ster.
- F0 - De Balmerlijnen vallen nog steeds op, hoewel slechts half zo sterk als in A0; de K lijn van geïoniseerd calcium is even sterk als de blend van  $H_{\epsilon}$  en de H lijn van calcium.
- G0 - In dit zon-type spectrum zijn de H en K lijnen de sterkste kenmerken, terwijl de Balmerlijnen niet langer opvallen. Het continuum spectrum zien we door de talrijke metaallijnen heen, die juist aan de rand van zichtbaarheid staan, wat soms een valse indruk geeft van emissielijnen. Dit aspect is nog hinderlijker in K sterren.
- K0 - Het energiemaximum van het spectrum ligt ver naar het rood. De H en K lijnen van geïoniseerd calcium bereiken hun grootste intensiteit in deze klasse. Veel metaallijnen zijn goed zichtbaar. De sterkste is die van neutraal calcium bij 4227 Å. Nog sterker is de G band 80 Å naar het rood vanaf de calciumlijn.
- M0 - De wijde banden van  $TiO$ , verdonkerd naar het violet, markeren de spectra van de M klasse. De 4227 Å lijn van calcium is zeer sterk, en de G band valt ook op.

Enkele karakteristieke lijnen

	<u>H</u>		<u>He II</u>	$n_1 \rightarrow n_2$	<u>He I</u>	<u>Ca I</u>
$\alpha$	6563	("C")	4686	3 $\rightarrow$ 4	5875	4227
			3203	3 $\rightarrow$ 5	4713	
$\beta$	4861	("D")	4859	4 $\rightarrow$ 8	4471	
			4541	4 $\rightarrow$ 9	4026	<u>Ca II</u>
$\gamma$	4340		4339	4 $\rightarrow$ 10	3820	
			4200	4 $\rightarrow$ 11		3934 ("K")
$\delta$	4101		4100	4 $\rightarrow$ 12	6678	3969 ("H")
			4026	4 $\rightarrow$ 13	4922	
$\epsilon$	3970		3968	4 $\rightarrow$ 14	4388	
			3923	4 $\rightarrow$ 15	4144	<u>Mg II</u>
8	3889					4481
9	3835					<u>Na I</u>
						5893 ("D")

Lichtkracht klassifikatie

Ia	} Superreuzen
Ib	
II	Heldere reuzen
III	Reuzen
IV	Subreuzen
V	Hoofdreekssterren (dwergen)
VI	Subdwergen

Litteratuur:

- G. Abell, Exploration of the Universe, Ch. 20  
 G.B. van Albada in C. de Jager, Sterrenkunde, deel 3, hfdst. I.  
 R.H. Baker, Astronomy, Ch. 11  
 L. Motz, A. Duveen, Essential of Astronomy, Ch. 17.  
 Russell, Dugan, Stewart, Astronomy II.  
 O. Struve, Elementary Astronomy, Ch. 25.  
 A. Unsöld, The New Cosmos, p. 123 e.v.  
 A. Wanders, Beknopte sterrenkunde, hfdst. 6.  
 S. Wyatt, Principles of Astronomy.