

Il populatsioonitsefiidid.

T. Kipper, 2007.



Tsefeiidid: kõige kasulikumad tähed.

Ühed heledamad muutlikud $\log L/L_{\odot}=3-5$, $M/M_{\odot}=3-30$.

Pulseeruvad $P=1-145$ päeva, $\Delta m \leq 2$ mag,

Spektriklass F maksimumis, G-K miinimumis.

Prototüüp Delta Cephei.

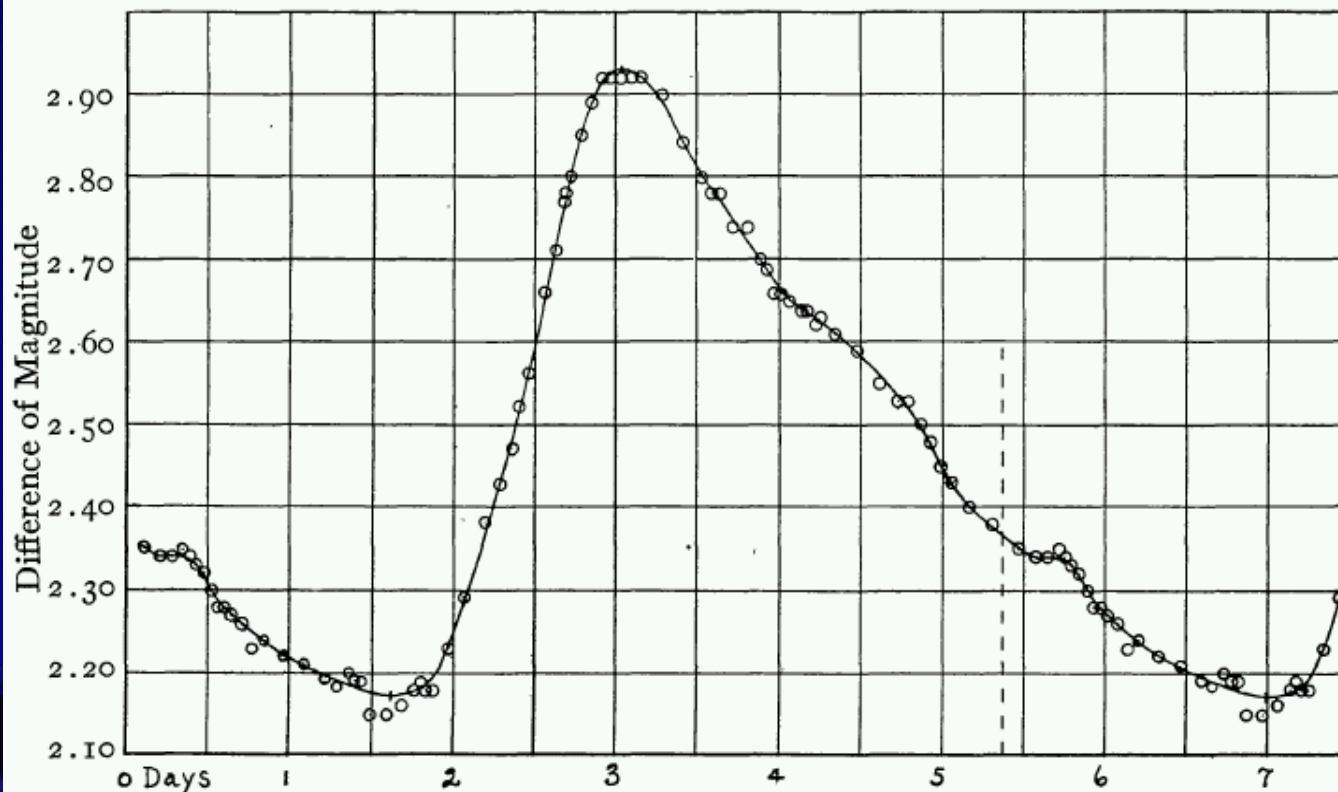
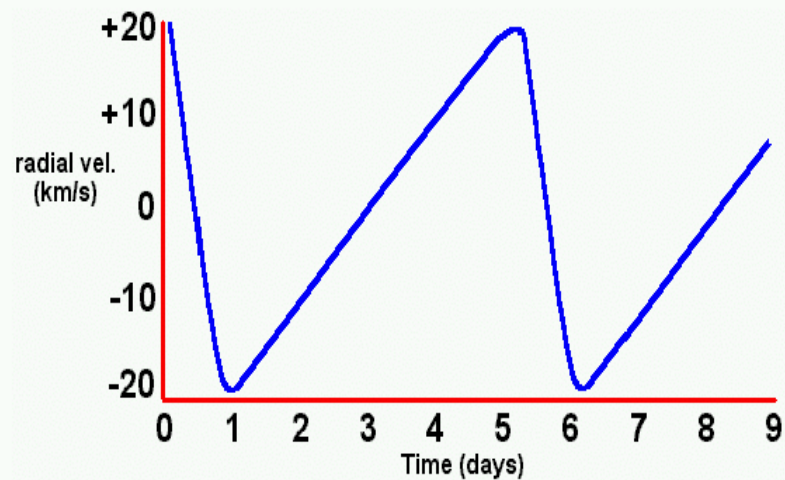


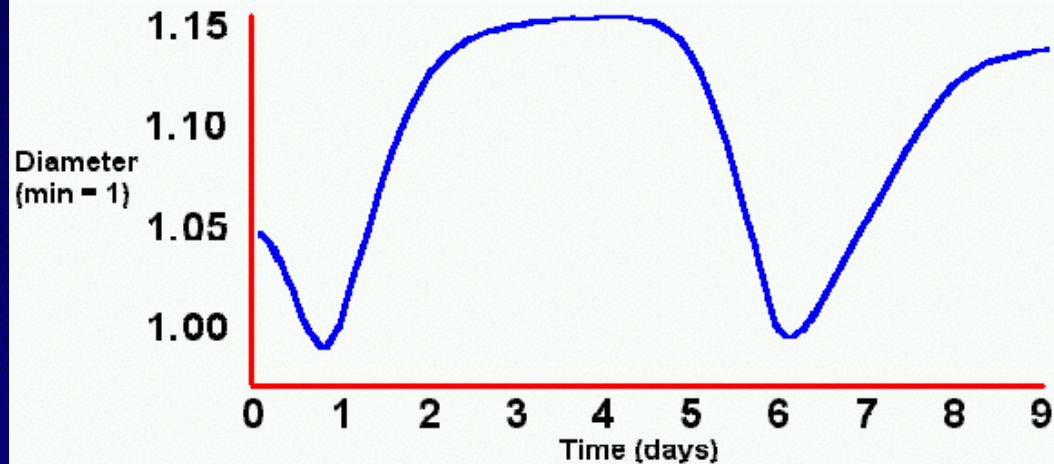
FIG. 1.—Light-Curve of δ Cephei.

δ Cep heleduskõver
J. Stebbins (1908),
kasutas 12" teles-
koopi ja polariseeri-
vat fotomeetrit.

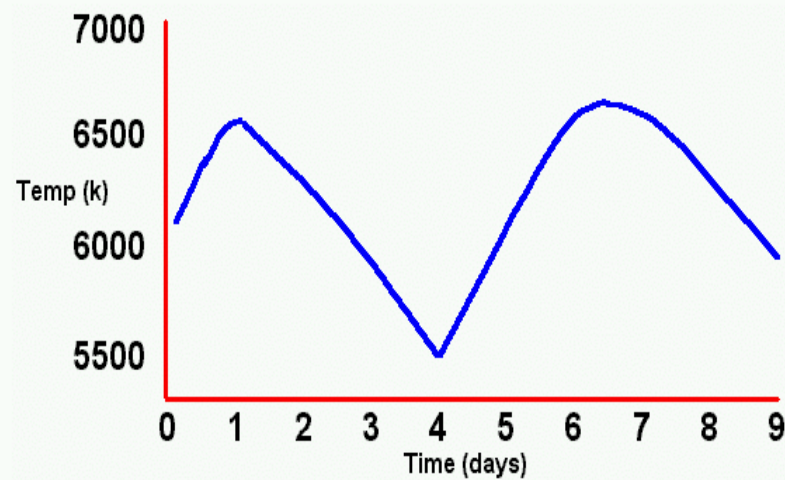
Radial Velocity:



Diameter:



Surface Temperature:



Ajaloost:

Delta Cephei muutlikkuse avastas John Goodricke 1784. a.



Sajandivahetusel 1800/1900 palkas E.Pickering Harvard College Observatory-sse terve rea neidusi kui odavaid "arvuteid". Üks neist oli **Henrietta Swan Leavitt**.



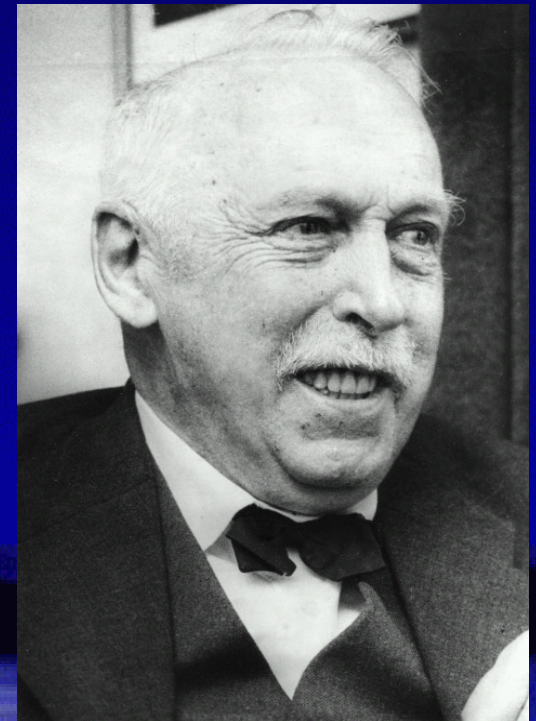
Leavitt uuris Peruu tehtud sadadelt Väikese Magalhæsi pilve plaatidelt muutlikke tähti ja avastas (1912) tsefeiidide heleduse ja perioodide vahelise seose.

Taanlane **Ejnar Hertzsprung** oli esimene, kes kalibreeris tsefeiidide kaugusi. Tõenäoliselt oli tema, kes 1913 nime tsefeiidid kasutusele võttis.

$$\langle M \rangle = -0.6 - 2.1 \log P$$

Seose tõusu leidmiseks kasutas Hertzsprung Leavitti andmeid. 0-punkti jaoks kasutas statistilisi parallaxse. Leidis ka SMC kauguse **3000 valgusaastat!!!** Praegu peetakse SMC kauguseks **189200 valgusaastat**. Tõenäoliselt oli publikatsioonis tegu trükiveaga. Nüüdisajal (1997):

$$\langle M \rangle = -1.43 - 2.81 \log P.$$



Edward Charles Pickering's Computers at Harvard Observatory

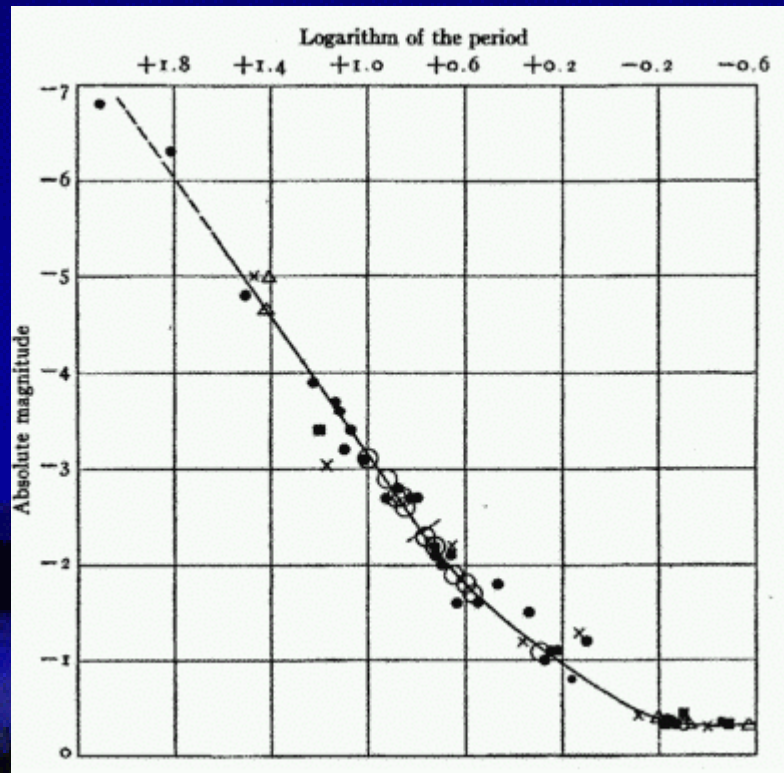


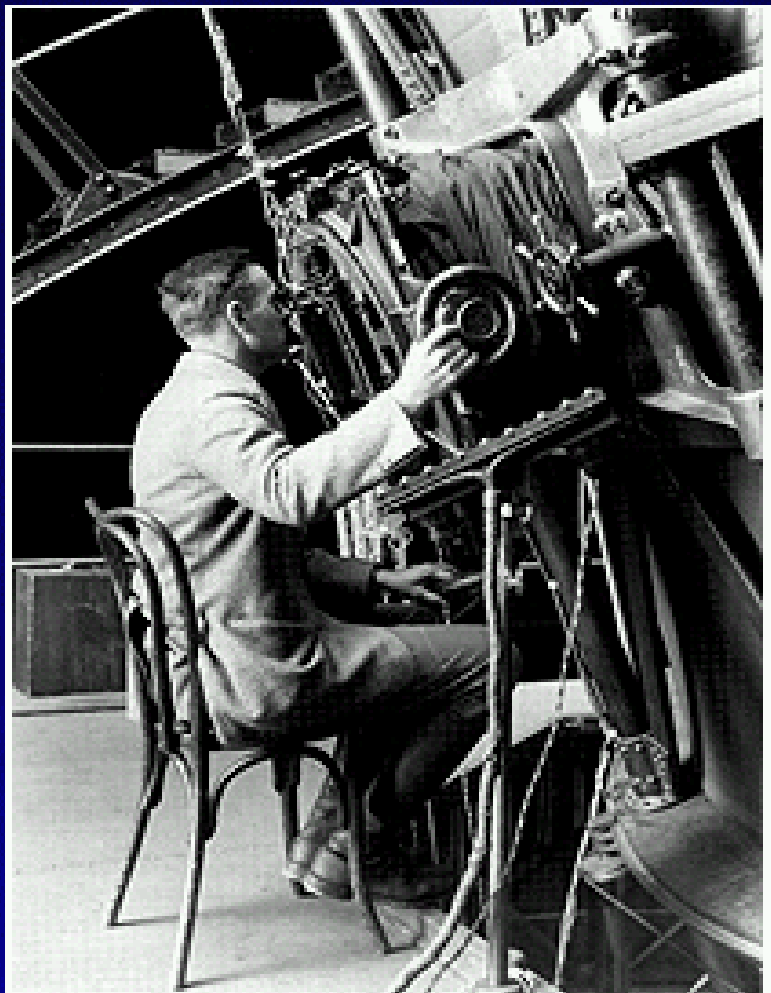
From left to right: Ida Woods, Evelyn Leland, Florence Cushman, Grace Brooks, Mary Van, Henrietta Leavitt, Mollie O'Reilly, Mabel Gill, Alta Carpenter, Annie Jump Cannon, Dorothy Black, Arville Walker, Frank Hinkely, and Professor Edward King (1918).



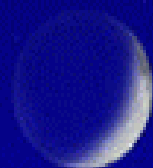
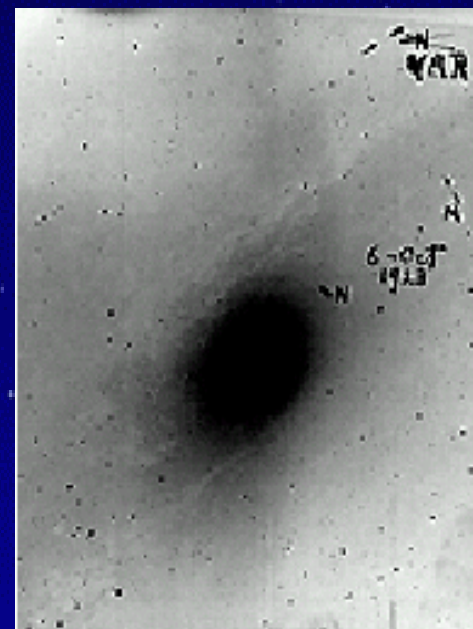


Harlow Shapley (1918) viskas kaks ebatüüpilise heleduskõveraga tähte välja ja sai uue 0-punkti. Peamiselt ekstinktsiooni mitteamistamise tõttu oli see ~ 1.5 mag liig nõrk. Seda aga ei märganud 30 aasta jooksul! Kuna ta oli parajasti huvitunud kerasparvedest ja Miss Leavitt oli leidnud, et kerasparvede heledad muutlikud on sarnased SMC omadega, lisas ta need oma seosesse tsefeiididena. Ta lisas ka nõrgemad lühiperioodilised muutlikud, mida kutsus "parvetüüpi tsefeiidideks" (praegu RR Lyrae). Tegelikult oli ta võtnud arvesse ka kolmanda grupi juba seose lineaarses osas, mis olid võetud kerasparvedest ja mida praegu nimetatakse **II populatsiooni tsefeiidideks** või **W Virginis tähtedeks**.





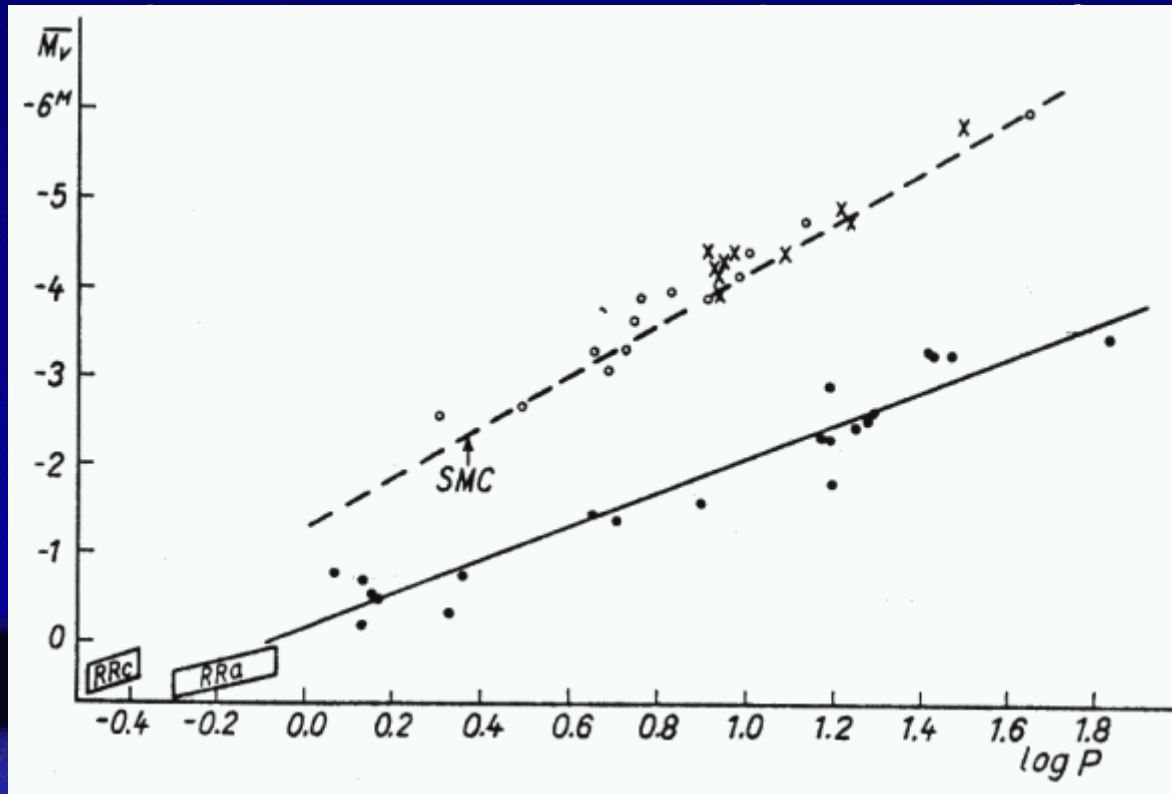
1923 otsis **Edwin Hubble** noovasi M31-s.
Leidis aga tsefeidi ja esmalordselt paigutas
M31 väljapoole Galaktikat.

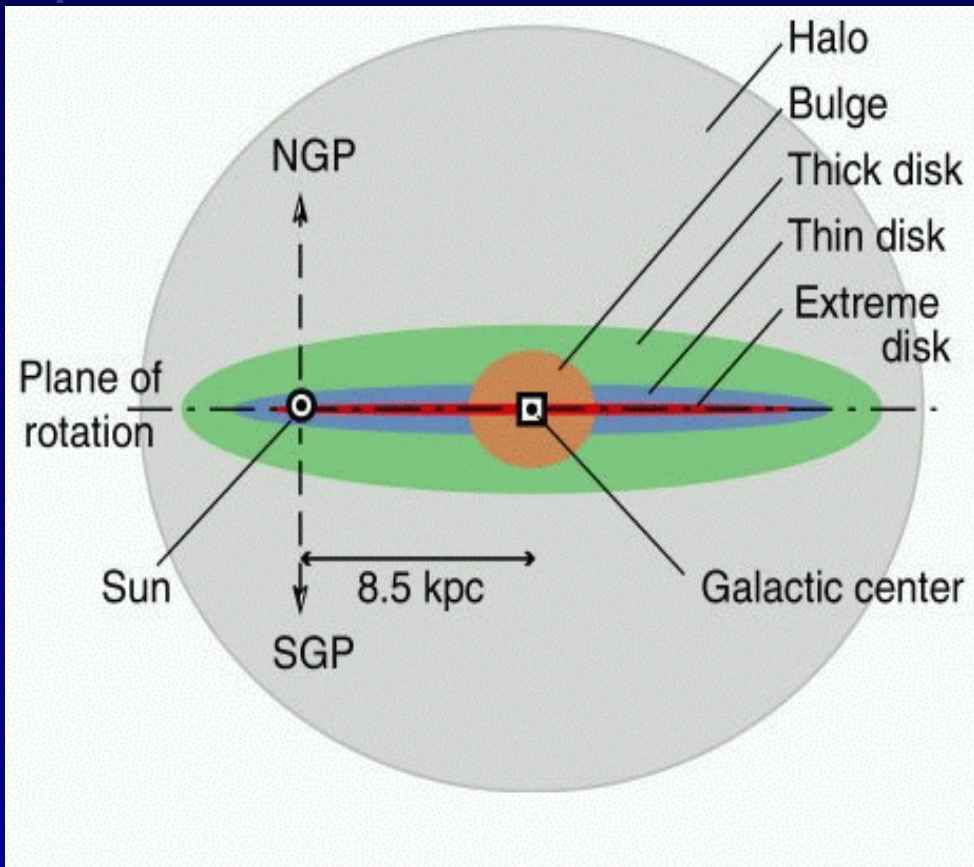




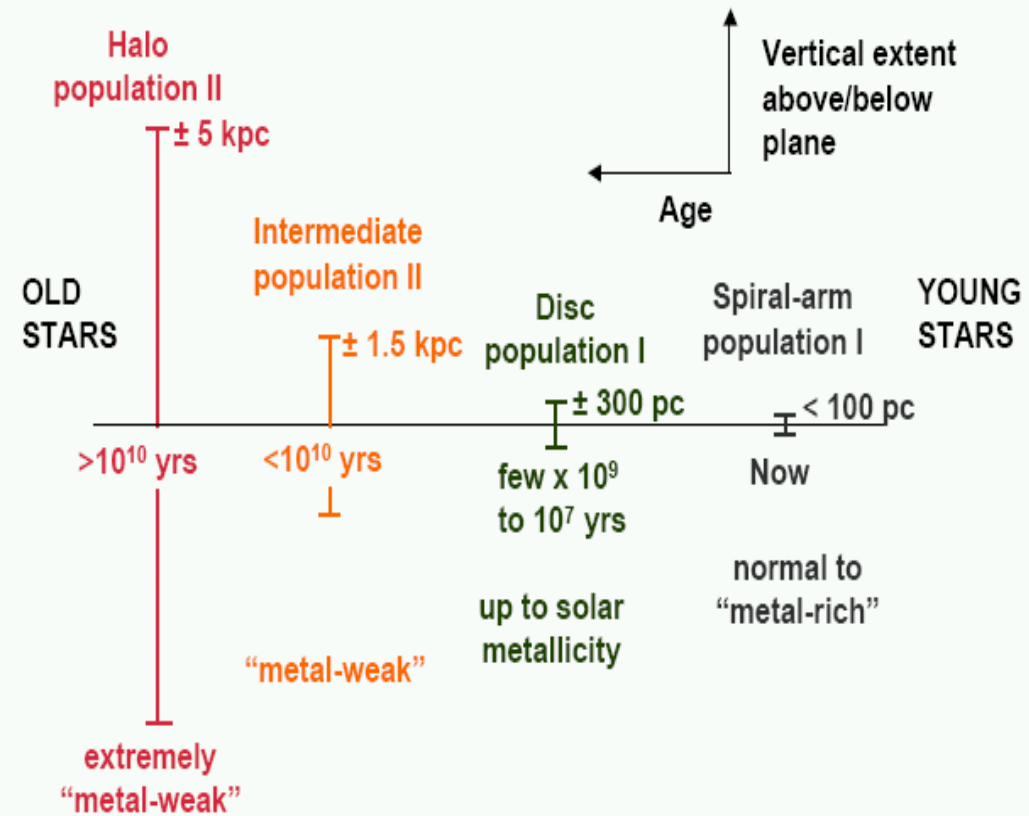
Suure Vea kõrvaldamine. II Maailmasõja ajal töötas **Walter Baade** Mount Wilsonis uurides M31, M32 ja NGC205. Pimendamiste tõttu oli taevast must ja sõjaajal teleskoopide aeg peaaegu piiramatu. Ka sai ta kasutada uusi punasetundlikke plaate. Seetõttu õnnestus tal lahutada M31 keskosa tähtedeks. Selgus, et selle H-R diagramm on väga sarnane kera-
parvede omale. **Sellega leidis Baade kahe populatsiooni olemasolu..**

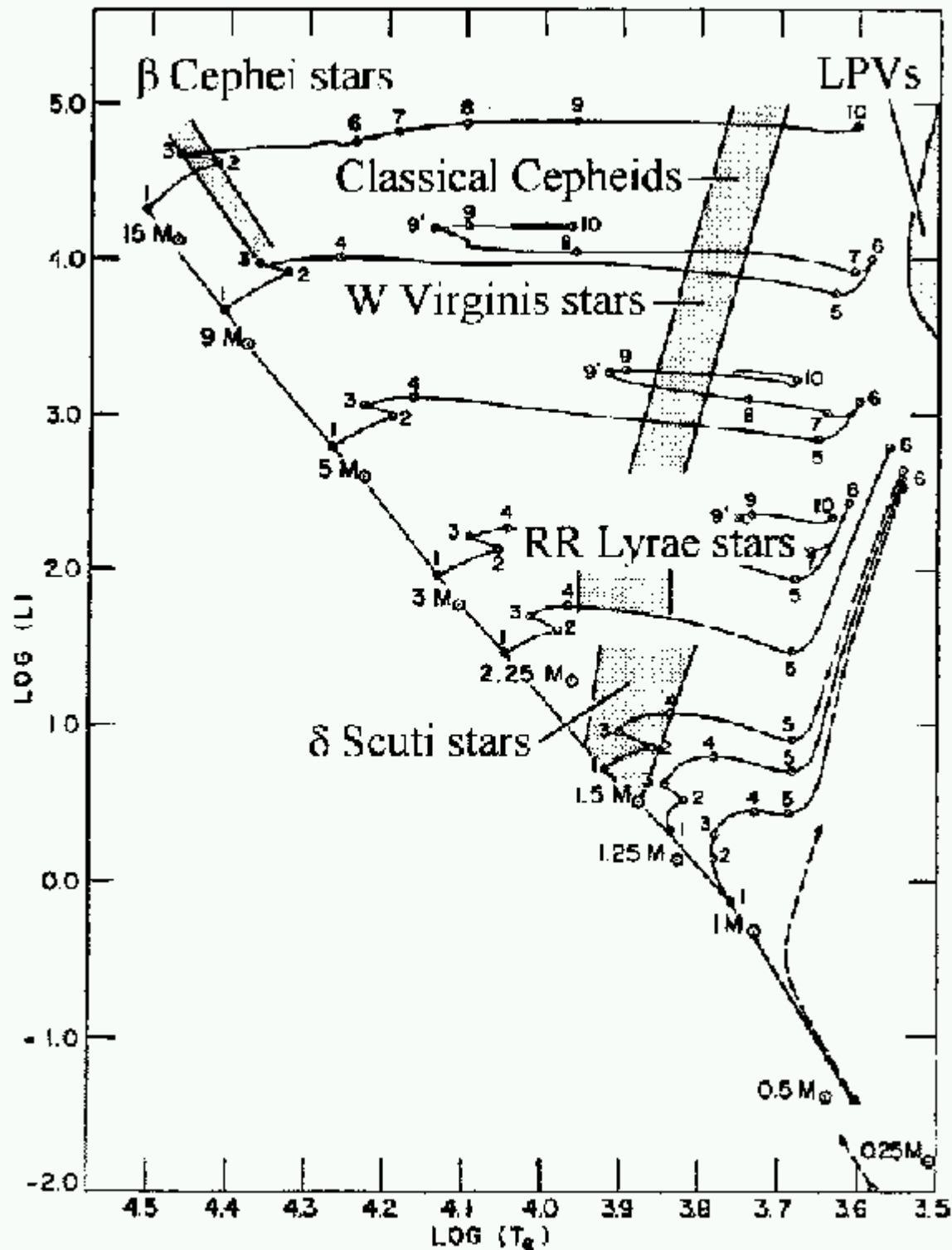
Kahe popul. leidmine pakkus lahenduse, miks M31 kera-
parved on ~1.5 mag nõrgemad kui Galaktikas. **Baade (1956):** Leavitti tsefeiidid SMC-s ja klassikalised tsefeiidid kuuluvad Pop.I ning parvetüüpi muutlikud ja tsefeiidid kera-
parvedes Pop.II. Baade tegi Pop.I tsefeiidid ~1.5 mag heledamaks – peaaegu kahekordistas kogu Universumi mõõdud.





Stellar populations: height vs age





Lõpetuseks klassikalistest tsefeiididest vt.:

A.Sandage & G.Tammann
 2006, Ann. Rev. 44,93,
 2004, A&A 424, 43.

Leiavad et heledus-periood
 seose tõusud ja 0-punktid
 Galaktikas ja MC-s on
 erinevad.

W Vir muutlikkuse avastas **Eduard Schönfeld** (1866) Mannheimi **observ.**
W Vir on Pop.II tsefeiidide prototüüp.

Erinevad Pop.I tsefeiididest nii heleduskõverate, spektrite ja radiaalkiiruste kõverate poolest.

Perioodid 10+20 päeva, esinevad kerasparvedes, paksus kettas, mõhnas. Kokku teada 173 obj.

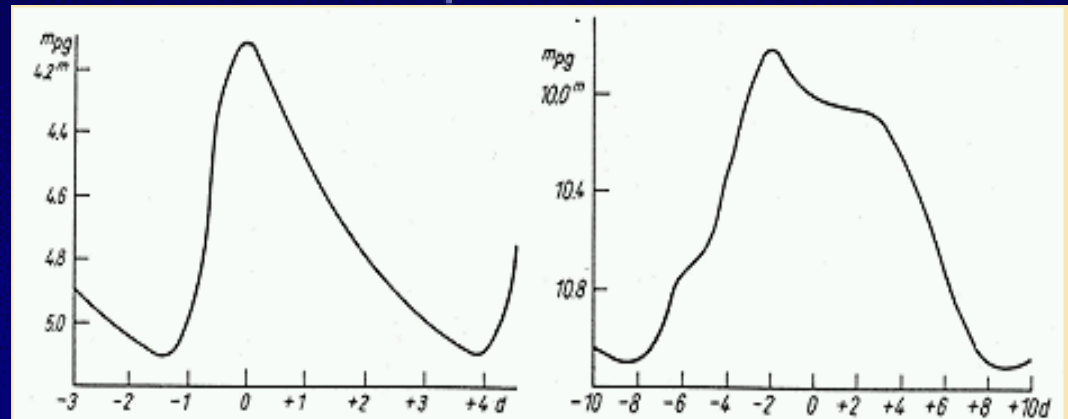
Wallerstein (2002) jagab gruppidesse:

P~ 1-5 päeva BL Her **B**

P~ 10-20 päeva W Vir **A**

P> 20 päeva RV Tau.

Kukarkini kataloogis **↑**



On the left is a light curve of Delta Cep, the prototype for the Classical Cepheids. To the right is the light curve for W Virginis. Notice the "hump" on the descending branch of W Vir.

Pop.II tsefeiidide spektriklassid F6-G6. RR Lyrae tähtedel A2-F6.

Suurem osa asub mõõdukatel galaktiistel laiustel ja on tõenäoliselt paksu ketta objektid. Tihti tugev H emissioon. Pop.I mitte kunagi.

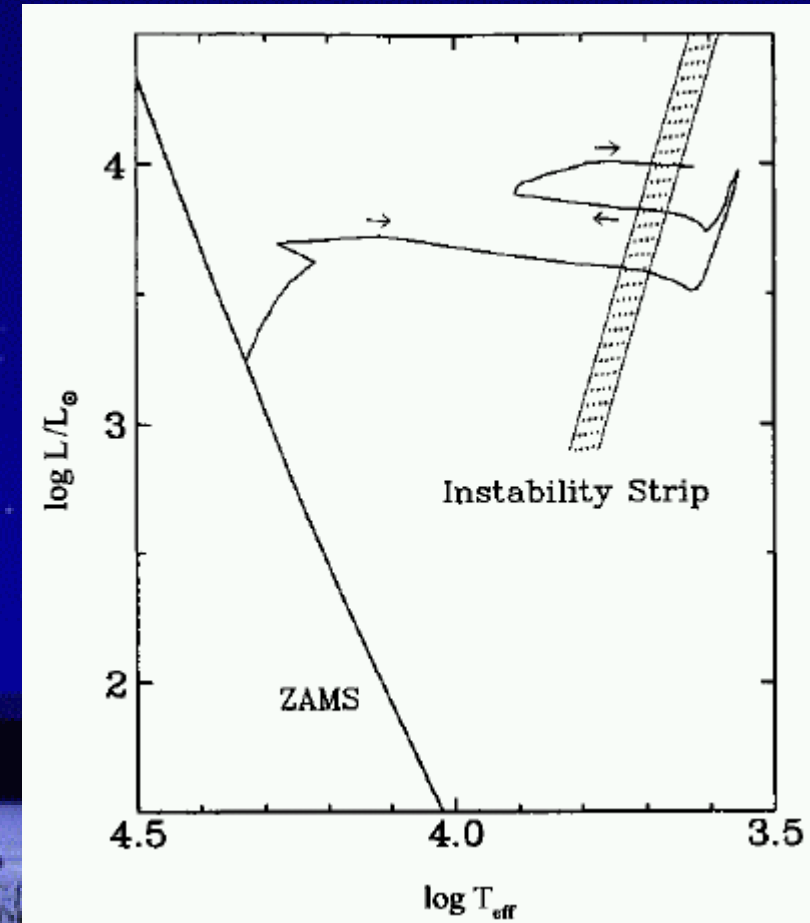
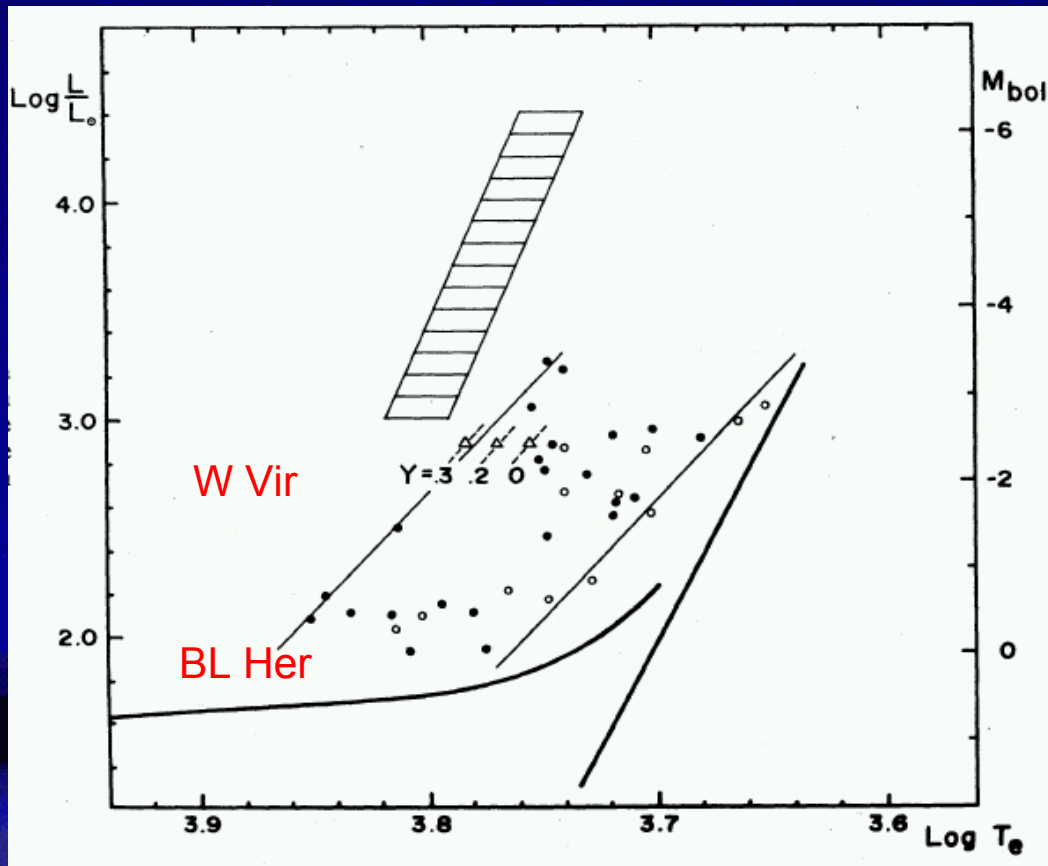
Eriti lühiperioodilised **BL Her** esinevad kerasparvedes kuid ka kettas.

Väljatähti teada 12. $[Fe/H] < -1.5$, seega halo objektid **keskm. $Z=1.8$ kpc.**

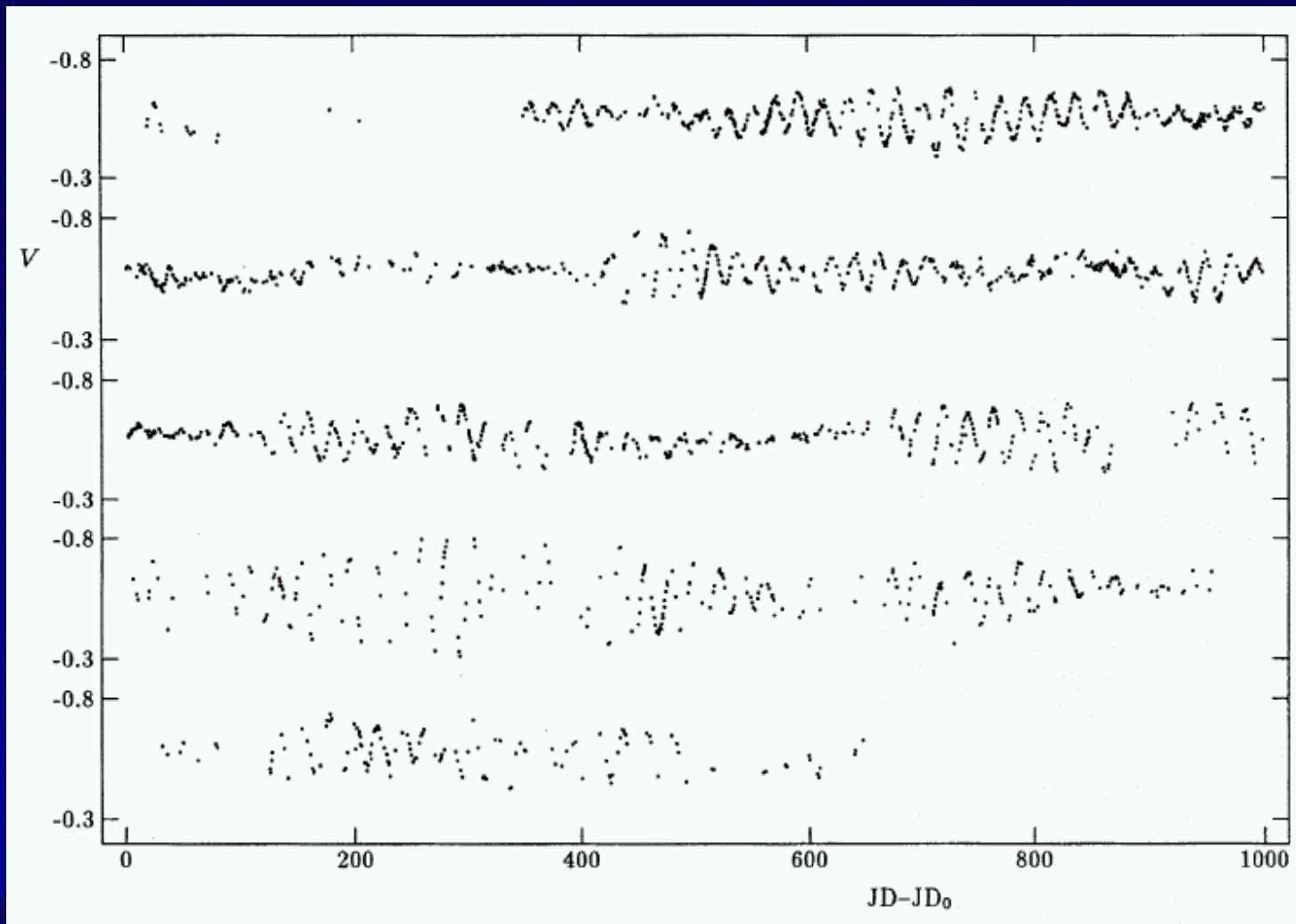
Veel 8 tähtel Päikese metallilisus ja kõrgenenud C sisaldus **$z=0.25$ kpc.**

RV Tau vahelduvad sügavad ja madalad miinimumid, suur IR ekstsess.

Pop.II tsefeiidid on aktiivsed tähed ebastabiilsuse vööndis H-R diagrammil. Tõusul AGB-le toimuvad He sähvatused tähe alas, kus CO tuum ja He-rkas piirkond kokku puutuvad. Sähvatusel väheneb raadius ja täht liigub vasakule ebastabiilsuse piirkonda. Enamasti pulseeruvad põhi- või esimesel ülemtoonil. Pulsatsioonidest leitud massid $0.52-0.59 M_{\odot}$. Mida väiksem mass seda pikem periood. Võivad muuta amplituude ja perioode. Dramaatilisim näide **RU Cam**, mis 1965-66 üldse lakkas pulseerimast.



Suurenenud C sisaldusega Pop.II tsefeide on teada 6. Üks neist on
RU Cam.



27.08.1965.

23.05.1968.

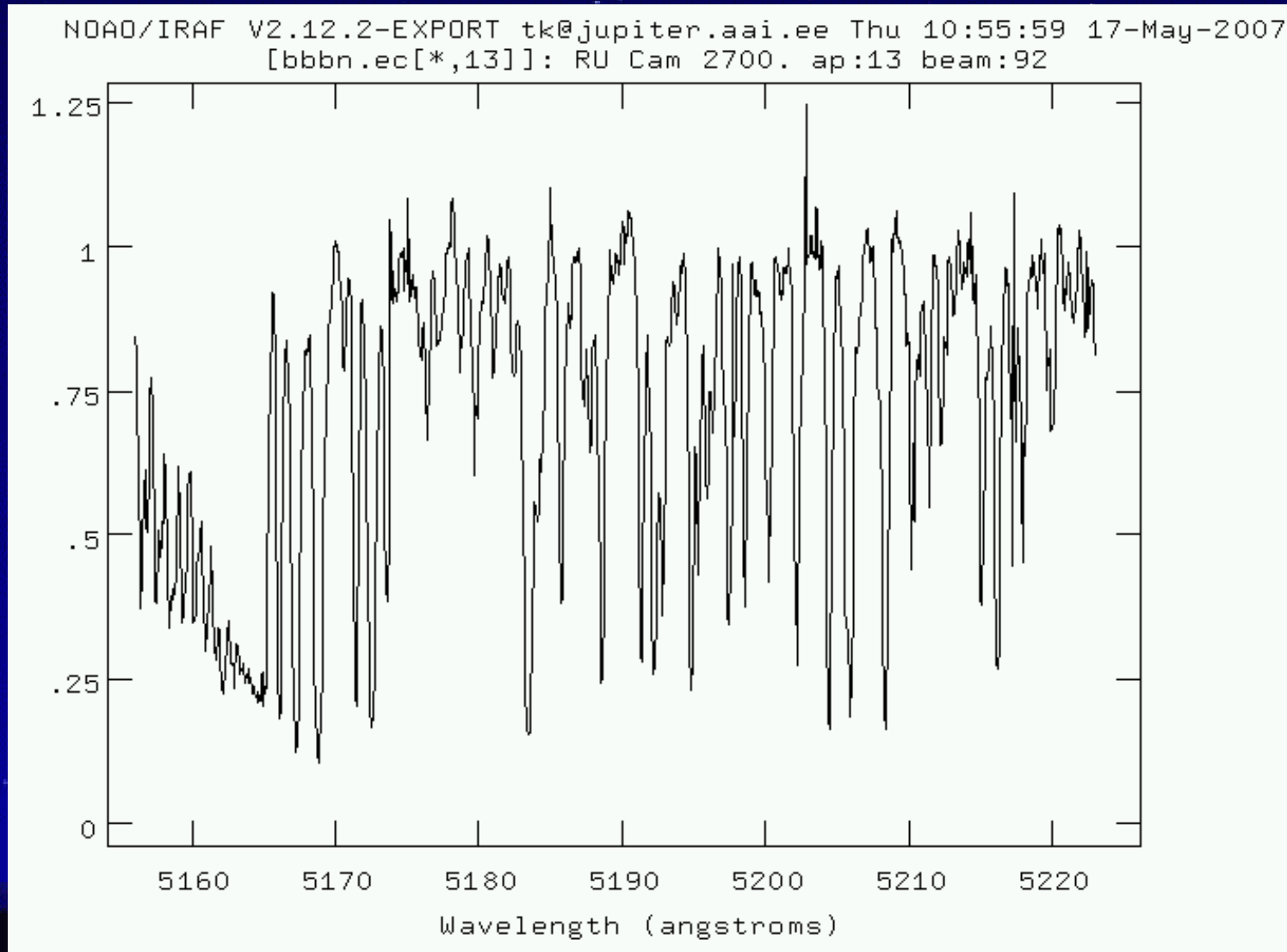
17.02.1971.

13.11.1973.

09.08.1976.

Z.Kollath & B.Szeidl (1993).

Oleme vaadelnud **RU Cam** 6 m Nasmithi eselliga 05.12.2006. ja 07.02.2007.
Lahutus R~4200, λ 4500-6700.



El.	$\log \epsilon$ Sun ¹	$\log \epsilon$ RU Cam	[El/Fe] RU Cam	Remarks
C	8.39	8.97 ± 0.35	0.98	S^2CI , C_2 bands
N	7.78	8.00 ± 0.30	0.60	CN bands
O	8.66	8.45 ± 0.50	0.16	1 OI, 2 [OI]
Na	6.17	6.35 ± 0.17	0.70	5 NaI
Mg	7.53	7.25 ± 0.10	0.09	6 MgI
Si	7.51	7.34 ± 0.21	0.20	16 SiI
Ca	6.31	5.94 ± 0.31	0.00	24 CaI
Sc	3.05	2.71 ± 0.21	0.03	15 ScII
Ti	4.90	4.58 ± 0.25	0.05	37 TiI, 25 TiII
V	4.00	3.82 ± 0.23	0.19	24 VI, 7 VII
Cr	5.64	5.26 ± 0.32	-0.01	34 CrI, 16 CrII
Fe	7.45	7.08 ± 0.22		191 FeI, 27 FeII
Co	4.92	4.79 ± 0.28	0.24	8 CoI
Ni	6.23	5.84 ± 0.26	-0.02	52 NiI
Cu	4.21	4.08 ± 0.06	0.24	2 CuI
Zn	4.60	4.02	-0.21	1 ZnI
Y	2.21	1.95 ± 0.18	0.11	7 YII
Zr	2.59	2.27 ± 0.30	0.05	2 ZrI, 2 ZrII
Ba	2.17	1.72 ± 0.08	-0.08	4 BaII
La	1.13	0.79 ± 0.22	0.03	4 LaII
Ce	1.58	1.03 ± 0.33	-0.18	9 CeII
Pr	0.71	0.33 ± 0.07	-0.01	3 PrII
Nd	1.45	1.12 ± 0.16	0.04	14 NdII
sm	1.01	0.82	0.18	1 SmII

RU Cam:

$T_{\text{eff}}=5250$ K, $\log g=1.0$

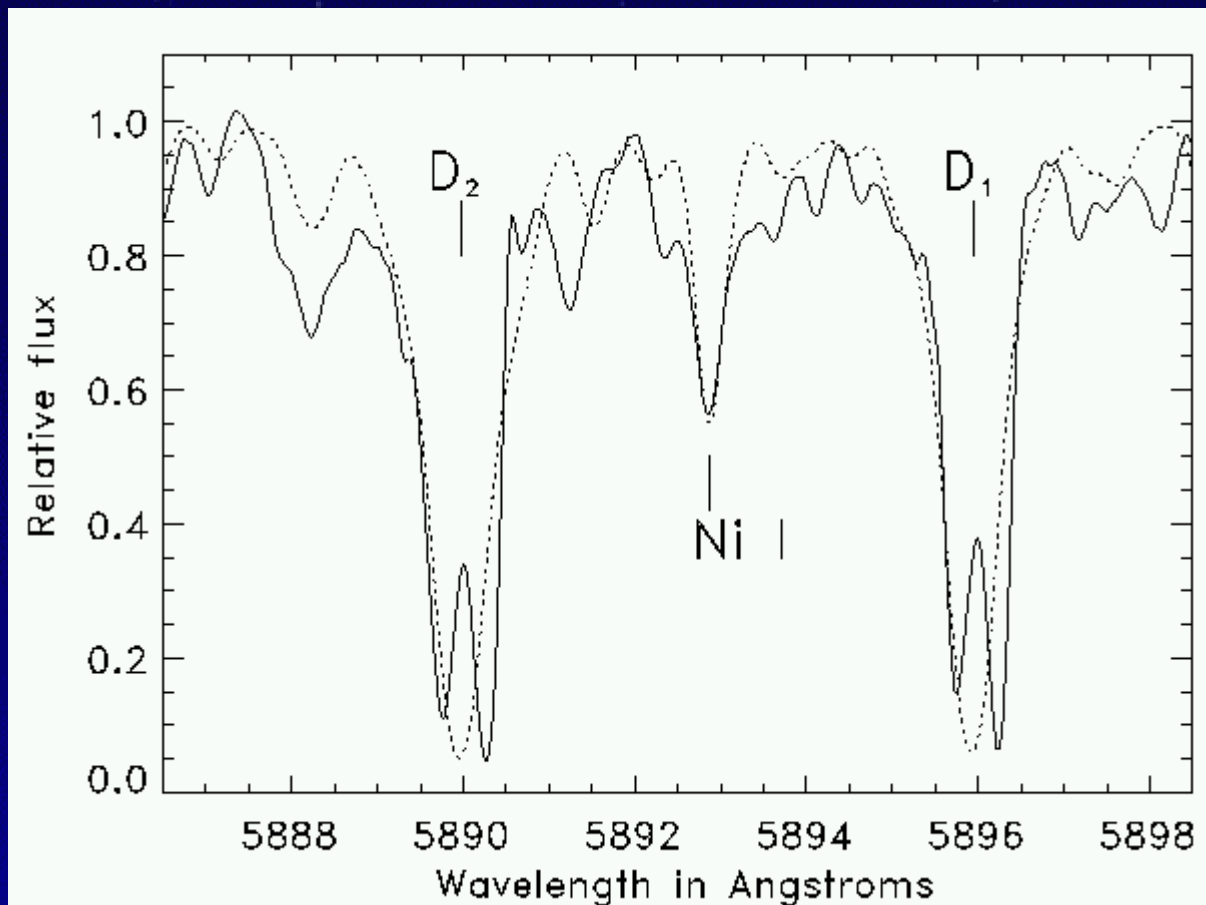
$\xi_t=4.3$ km/s

[Fe/H]=-0.37

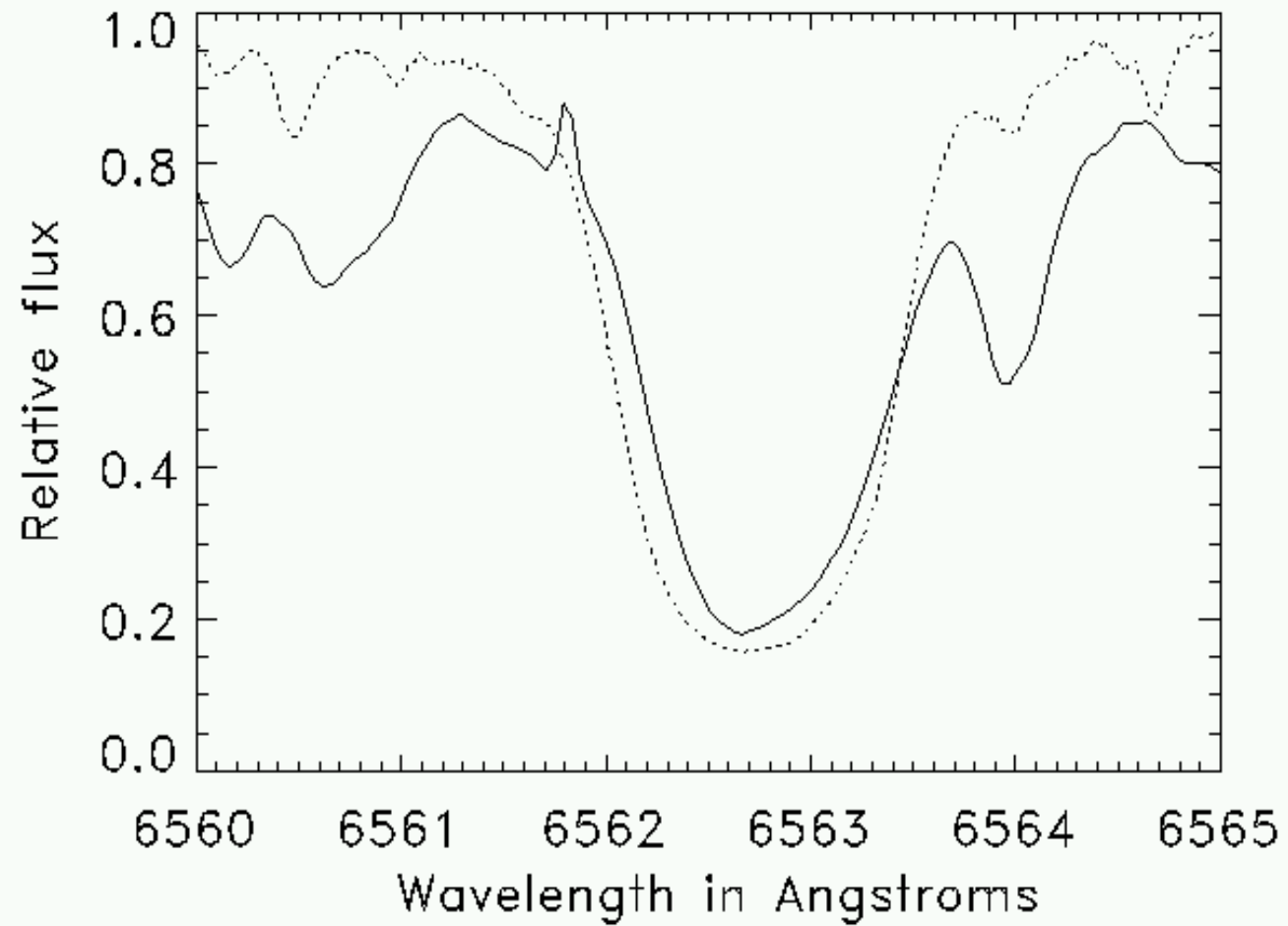
[C/Fe]=+0.98, [N/H]=+0.60

C/O>1

$^{12}\text{C}/^{13}\text{C}=4.5$



Date	v_r [km s ⁻¹]				
	Metals	H α	H β	D ₂ (em)	D ₁ (em)
Dec., 05 2006	$-21.7 \pm 0.8(158)$	-20.6		-19.3	-18.1
Feb., 07 2007	$-23.1 \pm 1.0(150)$		-19.4	-19.4	-18.7



RU Cam – pidev joon,
Arcturus - punktiir.

Aitäh!







