

A TAYF TÜRÜNDEEN CP Cyg ve HD 202240 YILDIZLARININ KİMYASAL BOLLUK ANALİZİ

Yahya NASOLO

Ankara Üniversitesi - Astronomi ve Uzay Bilimleri

1. Motivasyon

- Yıldızların **bolluk**, **yaş**, ve **kütle** gibi parametrelerinin iyi bir şekilde belirlenmesi, **yıldız atmosferinin kimyasal bolluğu etkileyen hidrodinamik süreçlerini** daha doğru anlamamızı ve yorumlamamızı sağlar.
- **Kimyasal bolluk analizi**, yıldız evrimini anlamak için temel bir yöntemdir.
- Yıldızın, yüksek çözünürlüklü tayfı analiz ederek sadece **kimyasal bolluk** ve **dağılımı** değil buna ek olarak **farklı yıldız popülasyonlarının** da kimyasal dağılımını anlamamız için bir yöntemdir.

2. ÖZELLİKLER

CP Cyg

- **RA** : 21 37 27.87 [h m s]
- **DEC** : +44 41 47:58 [° ' "']
- **Parlaklık** : 6.2
- **Tayfı türü** : A7 III
- **Vsini** : 19 [km s⁻¹]

HD 202240

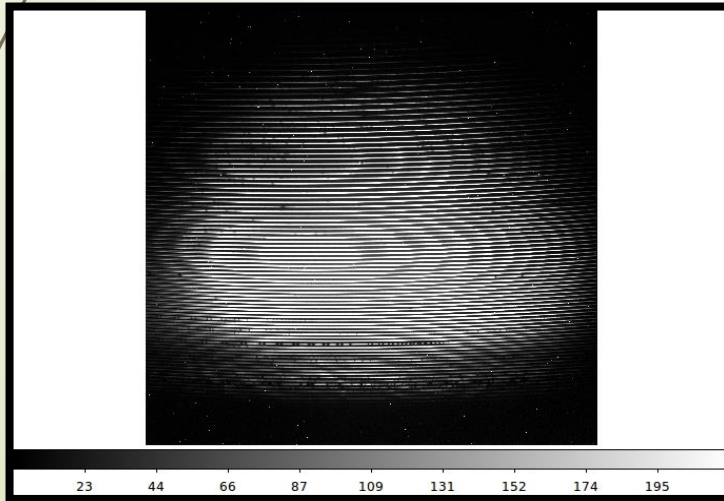
- **RA** : 21 13 26.42 [h m s]
- **DEC** : +36 37 59.747 [° ' "']
- **Parlaklık** : 6.08
- **Tayfı türü** : A7 II
- **Vsini** : 17 [km s⁻¹]

3. Gözlemleri

A tayf türünden **CP Cyg** ve **HD 202240** yıldızlarının yüksek çözünürlüklü (~40 000) tayfları **TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi**'nde **RTT150** teleskobuna bağlı **Coude Tayfçekeri** ile elde edildi. İndirgemeler **IRAF** (Image Reduction And Analysis Facility) ortamında yapıldı.

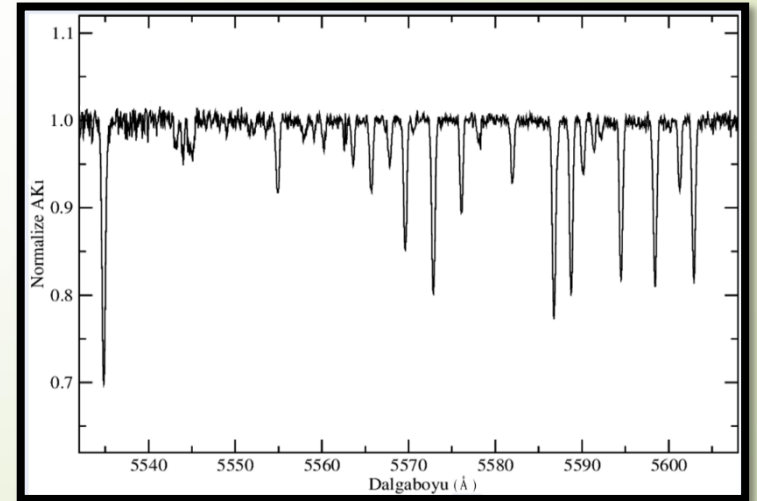
CP Cyg

- **Gözlem tarihi:** 23-09-2010
- **Poz Süresi :** 4500 [s]
- **V Helio :** 17.7 ± 1.2 [km s⁻¹]
- **S/N :** 115 [@5000A]



HD 202240

- **Gözlem tarihi :** 24-09-2010
- **Poz Süresi :** 4500, 3600 [s]
- **V Helio :** -12.4 ± 0.6 [km s⁻¹]
- **S/N :** 300 [@5000A]



ÇİZGİ TANISI

- Çizgilere ait atomik tür, gözlenen dalgaboyu ve laboratuvar dalgaboyu belirlendikten sonra çizgilere **gaussian profil** fit uygulayarak **eşdeğer genişlikler** ölçüldü.
- Çizgilerin **laboratuvar bilgileri** kontrol edildi ve **loggf**'leri güncellendi.
- Bunu için **NIST** çizgi veri tabanı kullanıldı. Çizgilere ait bolluk hesaplamaları için **Girdi dosyaları** oluşturuldu.
- Bu girdi dosyaları, her atomik tür için çizgilerin laboratuvar dalgaboyları, atomik bilgileri (loggf vs.) ve **eşdeğer genişliklerini** içermektedir.

```
VTUR
1 3.00 2.50 3.00
AVER
LINE 6.26 493.2049 STARNAME
493.2049 -1.884 1.0 61981.820 0.0 82251.710 6.00p3s 1P p4p 15
493.2049 31 0.00 -4.32 0.00MWRB 699 0 0.000 0 0.000 0 0
LINE 6.10 538.0337 STARNAME
538.0337 -1.842 1.0 61981.820 1.0 80562.850 6.00p3s 1P p4p 1P
538.0337 31 0.00 -4.66 0.00BDEL 699 0 0.000 0 0.000 0 0
LINE 1.20 601.0675 STARNAME
601.0675 -2.020 1.0 69689.480 0.0 86321.940 6.00p3p 3D p6s 3P
601.0675 31 0.00 0.00 0.00KP 999 0 0.000 0 0.000 0 0
LINE 1.39 667.1848 STARNAME
667.1845 -1.660 2.0 71385.380 2.0 86369.600 6.00p3p 3P p6s 3P
667.1845 31 0.00 0.00 0.00KP 1199 0 0.000 0 0.000 0 0
LINE 6.23 711.1469 STARNAME
711.1472 -0.810 1.0 69689.480 2.0 83747.390 6.00p3p 3D p4d 3F
711.1472 31 0.00 0.00 0.00KP 999 0 0.000 0 0.000 0 0
LINE 6.46 711.6988 STARNAME
711.6991 -0.910 3.0 69744.030 2.0 83791.040 6.00p3p 3D p5s 3P
711.6991 31 0.00 0.00 0.00KP 999 0 0.000 0 0.000 0 0
LINE 1.12 785.2860 STARNAME
785.2860 -1.420 2.0 71385.380 1.0 84116.090 6.00p3p 3P p4d 3P
785.2860 31 0.00 0.00 0.00KP 1199 0 0.000 0 0.000 0 0
LINE 4.09 786.0877 STARNAME
786.0882 -0.730 2.0 71385.380 2.0 84103.100 6.00p3p 3P p4d 3P
786.0882 31 0.00 0.00 0.00KP 1199 0 0.000 0 0.000 0 0
AVER
END
TEFF 8000. GRAVITY 2.50000 LTE
TITLE HD 202240 (141) model 4
OPACITY IFOP 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0
CONVECTION ON 0.50 TURBULENCE OFF 0.00 0.00 0.00
ABUNDANCE SCALE 1.00000 ABUNDANCE CHANGE 1 0.91930 2 0.07824
ABUNDANCE CHANGE 3 -10.94 4 -10.64 5 -9.49 6 -3.52 7 -4.12 8 -3.21
ABUNDANCE CHANGE 9 -7.48 10 -3.96 11 -5.71 12 -4.46 13 -5.57 14 -4.49
ABUNDANCE CHANGE 15 -6.59 16 -4.71 17 -6.54 18 -5.64 19 -6.92 20 -5.68
ABUNDANCE CHANGE 21 -8.87 22 -7.02 23 -8.04 24 -6.37 25 -6.65 26 -4.54
ABUNDANCE CHANGE 27 -7.12 28 -5.79 29 -7.83 30 -7.44 31 -9.16 32 -8.63
ABUNDANCE CHANGE 33 -9.67 34 -8.63 35 -9.41 36 -8.73 37 -9.44 38 -9.07
ABUNDANCE CHANGE 39 -9.80 40 -9.44 41 -10.62 42 -10.12 43 -20.00 44 -10.20
ABUNDANCE CHANGE 45 -10.92 46 -10.35 47 -11.10 48 -10.27 49 -10.38 50 -10.04
ABUNDANCE CHANGE 51 -11.04 52 -9.80 53 -10.53 54 -9.87 55 -10.91 56 -9.91
ABUNDANCE CHANGE 57 -10.87 58 -10.46 59 -11.33 60 -10.54 61 -20.00 62 -11.03
ABUNDANCE CHANGE 63 -11.53 64 -10.92 65 -11.69 66 -10.90 67 -11.78 68 -11.11
ABUNDANCE CHANGE 69 -12.04 70 -10.96 71 -11.98 72 -11.16 73 -12.17 74 -10.93
ABUNDANCE CHANGE 75 -11.76 76 -10.59 77 -10.69 78 -10.24 79 -11.03 80 -10.91
ABUNDANCE CHANGE 81 -11.14 82 -10.09 83 -11.33 84 -20.00 85 -20.00 86 -20.00
ABUNDANCE CHANGE 87 -20.00 88 -20.00 89 -20.00 90 -11.95 91 -20.00 92 -12.54
ABUNDANCE CHANGE 93 -20.00 94 -20.00 95 -20.00 96 -20.00 97 -20.00 98 -20.00
ABUNDANCE CHANGE 99 -20.00
READ DECK6 72 RHOX,T,P,XNE,ABROSS,ACCRAD,VTURB, FLXCNV,VCOMV,VELSND
```

4. Analiz

FOTOMETRİK ATMOSFER PARAMETRELERİ

- **CP Cyg** için **strömgren** akıları kullanarak [uvbybeta Napiwotzki 1995](#) kalibrasyon ile parametreler elde edildi. **HD 202240** için **Geneva** fotometrisi kullanarak [Kunzli 1996](#) kalibrasyon ile parametreler elde edildi.

TAYFSAL ATMOSFER PARAMETRELERİ

MİKROTURBULANS (ξ)

- Her çizgiden hesaplanan bolluk çizgi şiddetten bağımsızdır, dolayısıyla eşdeğer genişlik hata sınırı içerisinde aynı bolluk değerleri vermelidir. Burada mikroturbülans serbest parametre olarak alınır.

ETKİN SICAKLIK (T_{eff})

- Bolluk değerleri uyarılma potansiyelinden bağımsızdır. Yerel Termodinamik denge (LTE) koşullarında **etkin**, kinetik, **uyarılma** ve iyonizasyon sıcaklıkları aynıdır.

YÜZEY ÇEKİM İVMESİ ($\log g$)

- İyonizasyon dengesi. $\log g$ serbest parametre olarak **Fe II** çizgilerden bulunan bolluk **Fe I** çizgilerden bulunan bolluk ile aynı olduğu $\log g$ belirlendi.

Not: sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi belirlendikten sonra mikroturbülans son olarak tekrar belirlendi.

ATMOSFER PARAMETRELERİ

FOTOMETRİK ATMOSFER PARAMETRELERİ

CP Cyg

- T_{eff} : 7611 (K)
- $\log g$: 3.2 (dex)

HD 202240

- T_{eff} : 8092 (K)
- $\log g$: 2.78 (dex)

TAYFSAL ATMOSFER PARAMETRELERİ

CP Cyg

- T_{eff} : 7600 (K)
- $\log g$: 3.2 (dex)
- ξ : 2.4 (kms⁻¹)

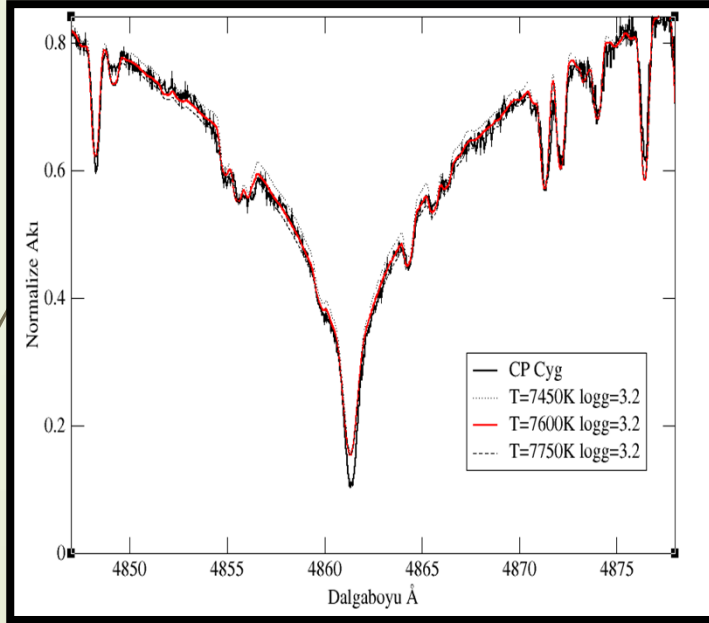
HD 202240

- T_{eff} : 8000 (K)
- $\log g$: 2.5 (dex)
- ξ : 3 (kms⁻¹)

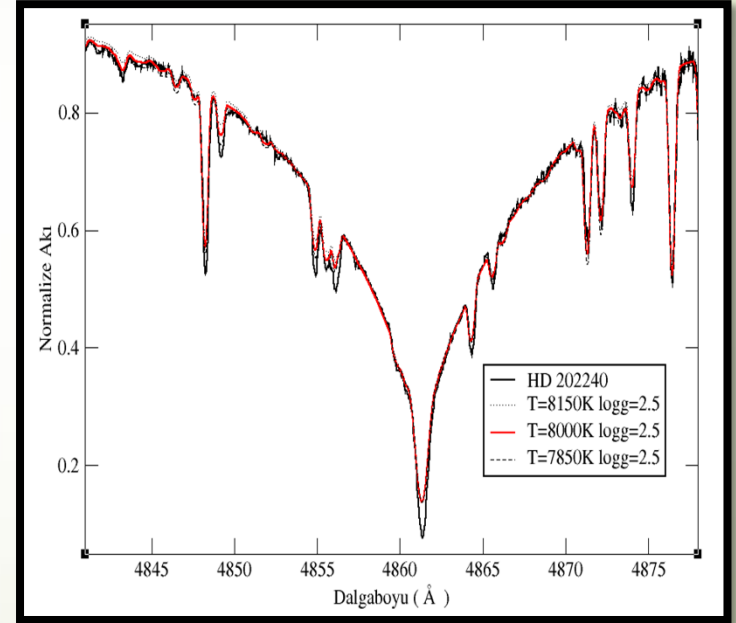
H β PROFİLİ

Belirlenen atmosfer parametreleri (T_{eff} ve $\log g$) H β profili ile uyumluluk göstermektedir.

CP Cyg



HD 202240



Bolluk Hesapları

Tayfsal olarak **Atmosfer parametreleri** hesaplandıktan sonra **model atmosfer** üretildi.

- ❖ Hesaplanan atmosfer parametreleri ile **Kurucz**'un **ATLAS9** programı kullanarak model atmosfer oluşturdu.
- ❖ Üretilen uygun modeller kullanılarak **Width** programı yardımı ile bolluklar hesaplandı.
- ❖ **Çok ince yapı** gösteren elementlerin bolluğu **sentetik tayf** ile belirlendi.

(Kurucz 1993, Sbordone et al. 2004, Sbordone 2005)

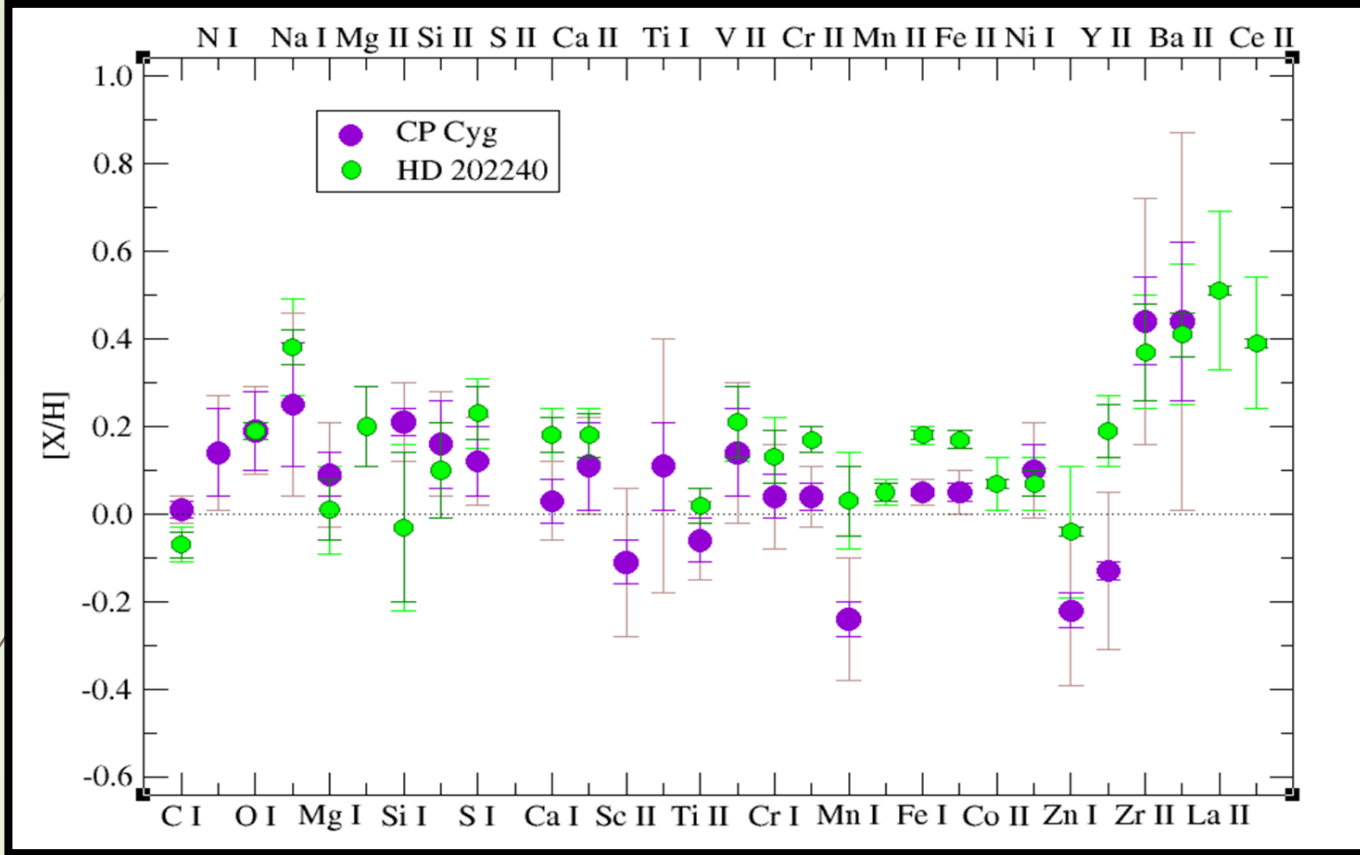
5. Sonuç

Bolluk değerleri

CP Cyg için 19 ve HD 202240 için 20 elemente ilişkin bolluklar hesaplandı. Tabloda **yıldızların atmosfer Bollukları Güneş bolluğunun diferansiyeli** olarak vermiştir. (σ_r standart rasgele hatası σ_{tot} standart toplam hatası)

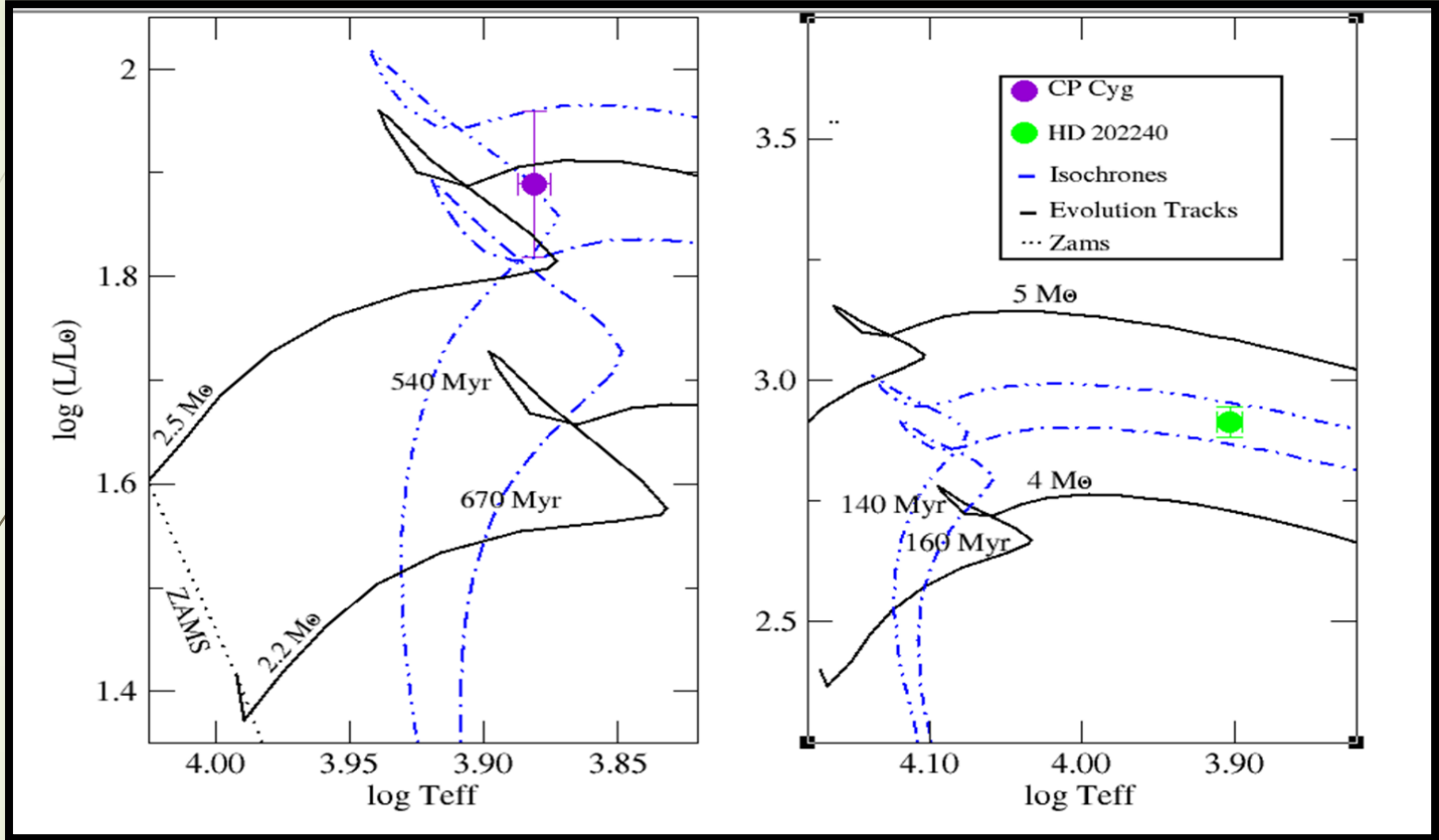
Atomik Tür	CP Cyg				HD 202240			
	[X/H]	σ_r	σ_{tot}	N	[X/H]	σ_r	σ_{tot}	N
C I	0.01	0.02	0.03	7	-0.07	0.03	0.04	8
N I	0.14	0.1	0.13	1	...	...	...	...
O I	0.19	0.09	0.10	3	0.19	0.02	0.02	3
Na I	0.25	0.14	0.21	2	0.38	0.04	0.11	2
Mg I	0.09	0.05	0.12	3	0.01	0.07	0.10	4
Mg II	...	...	...	...	0.2	0.09	0.09	2
Si I	0.21	0.03	0.09	4	-0.03	0.17	0.19	3
Si II	0.16	0.10	0.12	4	0.1	0.11	0.11	2
S I	0.12	0.08	0.1	3	0.23	0.06	0.08	4
Ca I	0.03	0.05	0.09	16	0.18	0.04	0.06	16
Ca II	0.11	0.1	0.11	1	0.18	0.05	0.06	3
Sc II	-0.11	0.05	0.17	5	...	...	...	...
Ti I	0.11	0.10	0.29	1	...	...	...	...
Ti II	-0.06	0.05	0.09	23	0.02	0.04	0.04	17
V II _{hfs}	0.14	0.10	0.16	1	0.21	0.08	0.09	3
Cr I	0.04	0.05	0.12	10	0.13	0.06	0.09	7
Cr II	0.04	0.03	0.07	21	0.17	0.03	0.03	24
Mn I _{hfs}	-0.24	0.04	0.14	4	0.03	0.08	0.11	5
Mn II _{hfs}	...	...	...	...	0.05	0.02	0.03	3
Fe II	0.05	0.01	0.03	126	0.18	0.01	0.02	107
Fe II	0.05	0.02	0.05	39	0.17	0.02	0.02	48
Co II _{hsf}	...	...	...	...	0.07	0.01	0.06	1
Ni I	0.1	0.06	0.11	8	0.07	0.03	0.06	9
Zn I	-0.22	0.04	0.17	2	-0.04	0.01	0.15	1
Y II _{hfs}	-0.13	0.02	0.18	2	0.19	0.06	0.08	6
Zr II	0.44	0.1	0.28	1	0.37	0.11	0.13	2
Ba II _{hfs}	0.44	0.18	0.43	2	0.41	0.05	0.16	2
La II	...	...	...	...	0.51	0.01	0.18	1
Ce II	...	...	...	...	0.39	0.01	0.15	1

Bolluk grafiđi



- ❖ **Güneş bolluğuna** yakın bolluklar.
- ❖ **CP Cyg** ve **HD 202240 Normal A tür** yıldızlarıdır.
- ❖ Yıldızın tayfsal karakteristiğini belirlemek için C, N, O bollukları önemlidir. Bu bollukların Güneş bolluğuna yakın olması durumu yıldızların normal A tayf türü yıldızlar olduğunun bir göstergesidir (Adelman & Unsee 2007).
- ❖ Yıldız evrimdeki nötron yakalama süreçlerini modelleme bakımında nötron yakalama ile oluşan elementlerin bollukları belirlemek önemlidir. (r-process ve s-process teorileri test etmek bakımında ışık tutar.)

H – R Diyagramı



CP Cyg

Kütle : $2.5 \pm 0.09 M_{\odot}$

Yaş : 600 ± 60 Milyon Yıl (Myr)

HD 202240

Kütle : $4.5 \pm 0.05 M_{\odot}$

Yaş : 150 ± 10 Milyon Yıl (Myr)

(Evolutionary tracks) **evrim yolları** [Salasnich et al. \(2000\)](#)

(isochrones) **eş yaş eğrileri** CP Cyg için [Marigo et al. \(2008\)](#) ve HD 202240 için [Bressan et al. \(2012\)](#)

Yorum

- Bu tür alan yıldızlarının kökeni hakkında bilgi edinebilmemiz için, iyi çalışmış benzer yaşlarda olan küme yıldızları ile karşılaştırmalar yapılabilir.
- Bu türden çalışmalar galaktik kimyasal evrim hakkında ışık tutacaktır.

Bu çalışma 112T119 numaralı “Yıldızların Kimyasal Bolluk Analizi” başlıklı TÜBİTAK 1001 Projesi tarafından desteklenmiştir



Teşekkürler...