

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**SICAK YILDIZ TAYFLARINDAN ELDE EDİLMİŞ CNO
BOLLUKLARININ KÜTLE AKTARMIŞ ÇİFT
SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

**Hazırlayan
Melek DÜLGER**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Ahmet DERVİŞOĞLU**

Yüksek Lisans Tezi

**Nisan 2017
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**SICAK YILDIZ TAYFLARINDAN ELDE EDİLMİŞ CNO
BOLLUKLARININ KÜTLE AKTARMİŞ ÇİFT
SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Melek DÜLGER**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Ahmet DERVİŞOĞLU**

**Bu çalışma, TÜBİTAK-MFAG tarafından TÜBİTAK-113F067 kodlu
proje ile desteklenmiştir.**

**Nisan 2017
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Melek DÜLGER

İmza:



YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Sıcak Yıldız Tayflarından Elde Edilmiş CNO Bolluklarının Kütle Aktarmış Çift Sistemlerle Karşılaştırılması” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Melek DÜLGER

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Ahmet DERVİŞOĞLU

Astronomi ve Uzay Bilimleri ABD Başkanı

Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK

Yrd. Doç. Dr. Ahmet DERVİŞOĞLU danışmanlığında **Melek DÜLGER** tarafından hazırlanan “**Sıcak Yıldız Tayflarından Elde Edilmiş CNO Bolluklarının Kütle Aktarmış Çift Sistemlerle Karşılaştırılması** ” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Astronomi ve Uzay Bilimleri** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

07/04/2017

JÜRİ:

Danışman :Yrd. Doç. Dr. Ahmet Dervişoğlu

Üye :Doç Dr. Timur Şahin

Üye :Yrd.Doç.Dr. Ferhat Fikri Özeren

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 11/04/2017 tarih ve 2017/1744 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

12 04 2017

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının fikir sahibi olan ve her tŒrlŒ yardımını desteğini benden esirgemeyen Danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Ahmet DERVİŞOğLU' na teőekkŒr ederim.

Tezimin dŒzenlemesinde katkıları bulunan Uzman ŐzgŒn ARSLAN, Ahmet KESKİN ve Havana DERVİŞOğLU' na teőekkŒr ederim.

Bu tez alıőması TŒBİTAK 113F067 no' lu proje ile desteklenmiştir.

Melek DŒLGER

Kayseri, Nisan 2017

SICAK YILDIZ TAYFLARINDAN ELDE EDİLMİŞ CNO BOLLUKLARININ KÜTLE AKTARMIŞ ÇİFT SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Melek DÜLGER

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2017
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet DERVİŞOĞLU**

ÖZET

Bu çalışmada erken tip yıldızlarda şiddetli görülen CII 4267 Å çizgileri incelenmiştir. Yıldızların merkezinde gerçekleşen nükleer tepkimeler, yıldızın kütlesine göre farklı mekanizmalarla gerçekleşmektedir. Orta ve büyük kütleli yıldızlarda baskın nükleer yanma mekanizması olarak Karbon-Azot-Oksijen (CNO) çevrimi görülür. Tek yıldızlarda CNO çevriminin gerçekleştiği katman çok derindedir ve gözlenmesi mümkün değildir. Çift yıldızlara baktığımızda ise, evrimleşen bileşen Roche Lobe'unu dolduracak ve yoldaş bileşen üzerine kütle aktaracaktır. Artık yarı-ayrık hale gelmiş bu sistemlerde merkezi bölgelerin açığa çıkması, kütle aktaran bileşenlerin bu katmanlarının gözlemlenmesi mümkün hale gelecektir.

Bu tez çalışmasında, literatürden bulunan birçok yıldızın orta ve düşük çözünürlüklü tayflarından karbon bollukları bulunmuştur. Karbon bolluğunu belirlemek için, CII 4267 Å çizgilerinin eşdeğer genişlikleri, TLUSTY ve SYNSPEC paket programları yardımı ile Non-LTE atmosfer modelleri ve sentetik tayflar yardımıyla incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarla tek yıldızlar için etkin sıcaklığa karşı karbon bolluğu kalibrasyonu yapılmıştır. Erken tür tek yıldızlardan elde edilmiş eşdeğer genişlikler yarı-ayrık Algol türü çift yıldızlarla karşılaştırılmıştır ve görülmüştür ki; CII 4267 Å çizgisinin eşdeğer genişliği TLUSTY ile hesaplanan non-LTE modellerle uyum göstermektedir. Yapılan kalibrasyona yarı-ayrık Algol türü çift yıldızları koyduğumuzda, bu sistemlerin Karbon bolluklarının güneş bolluğundan ne kadar az olduğu, non-LTE etkiler katılarak oluşturulan modellerle daha iyi anlaşılacağı bulunmuştur. NII 3995 Å ve OII 4414 Å çizgisinin eşdeğer genişlik ölçümlerine bakıldığında, tek yıldızlar için N çizgilerin non-LTE süreçlerden etkilendiği, O çizgisinin non-LTE etkilerden çok az etkilendiği ve çift yıldızlar için ise CNO

öngörüsüne uygun olarak N eşdeğer genişlik değerlerinin daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Erken tür yıldızlar, model atmosferler; tayf analizi, bolluk analizi;



THE COMPARISON OF CNO ABUNDANCES FROM HOT STARS SPECTRA WITH MASS TRANSFERED BINARY SYSTEMS

Melek DÜLGER

Erciyes University, Graduate School of Naturel and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, April 2017

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ahmet DERVIŞOĞLU

ABSTRACT

In this study, we investigate the CII 4267 Å lines, which are seen dominantly in early type stars. The mechanism of nuclear reactions in the center of the star is strictly depend on the mass. Intermediate and high mass stars, the carbon-nitrogen-oxygen (CNO) cycle is the dominant nuclear burning mechanism. The CNO cycle in the single stars occurs in such deep layers that it is impossible to observe directly. In the case of binary systems, the evolved component will eventually fills its Roche lobe and thus will transfer its mass to the companion. As a result of mass transfer, the exposed CNO cycled layers of mass donor become observable.

In this thesis, carbon abundances were found from high-resolution spectra of many stars in the literature. To determine carbon abundance, the equivalent widths of CII 4267 Å lines, by using TLUSTY and SYNSPEC package programs, are examined with the help of Non-LTE atmospheric models and synthetic spectra. With the results obtained, carbon abundance against the effective temperature is calibrated for single stars. The equivalent widths obtained from early type single star were compared with semi-detached Algol type binaries. We found that the equivalent widths of CII 4267 Å line are compatible with non-LTE models computed with TLUSTY. When we put the semi-detached Algol binaries into the calibration, it is found that the determining the deficiency of Carbon relative to solar abundance could be realized better with the Non-LTE models. When the equivalent width measurements of NII 3995 Å and OII 4414 Å are taken into consideration, it is found that N line is affected by non-LTE processes, O line are slightly affected by non-LTE processes and the equivalent width of N lines of binary stars are higher than the standard stars as expected from CNO cycle.

Keywords: Early type stars, model atmospheres; spectral analysis, abundance analysis;

İÇİNDEKİLER

SICAK YILDIZ TAYFLARINDAN ELDE EDİLMİŞ CNO BOLLUKLARININ KÜTLE AKTARMIŞ ÇİFT SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Temel Kavramlar	3
1.2. Sıcak Yıldız Tayfları	6
1.3. Model Atmosfer Analizi ve Çizgi Oluşumu	8
1.3.1. Genel Değerlendirmeler	8
1.4. Radyatif Transfer	10
1.4.1. Standart Paralel Düzlem Işınım Transfer Denklemi	13
1.5. Model Atmosferler (Yerel Termodinamik Durum ve Yerel Termodinamik Olmayan Durum)	14
1.5.1 Klasik Yıldız Atmosferlerinin Temel Varsayımları	16

1.6. Çizgi Engellemesi ve Çizgi Örtüşmesi	18
1.7. Tayfsal Çizgi Oluşumu	19
1.8. Tayfsal Çizgilerin Şeklini Etkileyen Mekanizmalar	25
1.9. Non-LTE Etkiler	27
1.9.1. İstatistiksel Denge Denklemi	30

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Yöntem	34
2.2. Materyaller	34
2.2.1. TLUSTY kodunun derlenmesi	35
2.2.2. TLUSTY Kodunu Çalıştırma	36
2.2.3. STARFIT	44

3. BÖLÜM

BULGULAR	50
----------------	----

4. BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇ	56
KAYNAKLAR	63
EKLER	68
ÖZGEÇMİŞ	160

TABLÖLAR LİSTESİ

- Tablo 3.1.** NGC3293, NGC4755 ve NGC6611 açık yıldız kümelerine ait 50 adet B tayf türü yıldızın STARFIT kodu kullanılarak elde edilmiş atmosfer parametreleri ve SYNPROT programı ile elde edilen C II 4267 Å çizgisinin bollukları bulunmaktadır.50
- Tablo 3.2.** Hunter ve arkadaşları tarafından belirlenen NGC3293, NGC4755 ve NGC6611 kümelerine ait 50 B türü yıldızın atmosferik parametreleri.52



ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 2.1.** $T_{\text{eff}} = 20000$ K, $\log(g) = 4.0$ olan UCLSYN programı ile elde edilmiş LTE sentetik tayf ve TLUSTY programı ile elde edilmiş olan non-LTE sentetik tayf örneği.43
- Şekil 2.2.** NGC4755 açık yıldız kümesine ait $T_{\text{eff}} = 19800$ K, $\log(g) = 3.8$ dex olarak belirlenen NGC4755-020 kodlu B türü yıldızın STARFIT ile elde edilen teorik model ve Hunter ve ark., belirledikleri teorik model. ...45
- Şekil 2.3.** NGC3293 açık kümesine üye 30 nolu yıldızın $T_{\text{eff}} = 20200$ K, $\log g = 3.8$ dex olarak belirlenen $H\delta$ (4340 Å) fiti.46
- Şekil 2.4.** NGC3293 açık kümesine üye 30 nolu yıldızın $T_{\text{eff}} = 20200$ K, $\log g = 3.8$ dex olarak belirlenen $H\gamma$ (4100 Å) fiti.46
- Şekil 2.5.** NGC3293 açık kümesine üye 30 nolu yıldızın $T_{\text{eff}} = 20200$ K, $\log g = 3.8$ dex olarak belirlenen $He\epsilon$ (3970 Å) fiti.47
- Şekil 2.6.** NGC3293-030 yıldız için $v \sin i = 190$ km/s olarak belirlenen örnek $He\ 4026$ Å ve $He\ 4009$ Å fiti.47
- Şekil 2.7.** Hassas mikrotürbülans ayarı için 4480-4580 Å aralığında bulunan örnek $Si\ III\ 4552$ Å fiti. Gözlem tayfına en uygun mikrotürbülans değeri $\xi = 5$ km/s olarak belirlenmiştir.48
- Şekil 2.8.** NGC3293 açık yıldız kümesine ait NGC3293-018 B türü yıldızın OII 4570-4740 Å aralığındaki örnek OII 4638/4641 Å çizgilerine ait fit. Bu yıldızın en uygun mikrotürbülans değeri $\xi = 6$ km/s olarak belirlenmiştir.48
- Şekil 2.9.** $\xi = 6$ km/s olarak belirlenen NGC3293 açık yıldız kümesine ait NGC3293-018 B türü yıldızın C II 4267 Å çizgisi ve teorik fiti.49
- Şekil 3.1.** Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen T_{eff} değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.53
- Şekil 3.2.** Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen $\log(g)$ dex değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.54

- Şekil 3.3.** Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen $\log \varepsilon$ (CII 4267 Å) bolluk değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.....54
- Şekil 3.4.** Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen EW ölçüm değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.....55
- Şekil 3.5.** Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen vsin i değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.....55
- Şekil 4.1.** Verilen bir sıcaklık için LTE ve Non-LTE model arasındaki bolluk farkı. Yeşil olan çizgi $\log(g)= 3.5$, mavi çizgi ise $\log(g)=4.0$ olan ölçüm değerlerini göstermektedir. Görüldüğü üzere sıcak yıldızların LTE model atmosferi ile elde edilen bollukları -1.3 dex'e kadar hatalı olabilmektedir.57
- Şekil 4.2.** Etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak eşdeğer genişlik (EW) değişimi. Mavi çizgi UCLSYN programı ile elde edilen LTE eşdeğer genişlik, siyah çizgi TLUSTY / Non-LTE modellerle elde edilen eşdeğer genişlik değişimlerini göstermektedir. Kırmızı daireler İbanoğlu ve ark. (2012), mor çemberler Hunter ve ark. (2011), yeşil üçgenler ise ELODIE arşivinden indirilen tayflarla ölçtüğümüz $\log(g) 3.5 - \log(g) 4.0$ aralığında eşdeğer genişlik dağılımlarını göstermektedir.58
- Şekil 4.3.** Etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak eşdeğer genişlik değişimi. Siyah çizgi UCLSYN programı ile elde edilen LTE EW (eşdeğer genişlik), kesikli çizgiler TLUSTY / Non-LTE modellerle elde edilen $\log(\varepsilon)=0$, $\log(\varepsilon)=-0.3$, $\log(\varepsilon)=-1$, $\log(\varepsilon)=-2$ EW değişimlerini göstermektedir. Kırmızı daireler FLAMES tayfları ile ölçülen EW, kırmızı içi boş daireler ise İbanoğlu ve ark. [6] ölçmüş oldukları yarı-ayrık Algol türü çift yıldızların EW dağılımlarını göstermektedir.59
- Şekil 4.4.** Etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak eşdeğer genişlik değişimi. Kırmızı çizgi UCLSYN programı ile elde edilen LTE EW değişimlerini, yeşil çizgi TLUSTY / Non-LTE modellerle elde edilen EW değişimlerini göstermektedir. Mavi içi boş daireler FLAMES tayfları ile ölçülen EW, mor daireler ise Leushin'in [46] ölçmüş olduğu çift yıldızların EW dağılımlarını göstermektedir.....59

Şekil 4.5. Etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak eşdeğer genişlik değişimi. Kırmızı çizgi UCLSYN programı ile elde edilen LTE EW değişimlerini, yeşil çizgi TLUSTY / Non-LTE modellerle elde edilen EW değişimlerini göstermektedir. Mavi daireler FLAMES tayfları ile ölçülen EW dağılımlarını göstermektedir.60



GİRİŞ

Erken tür yıldızlar, galaktik kimyasal evrim açısından kimyasal bolluğu elde etmek için kullanılan önemli astrofizik nesnelere aittir. Erken tür yıldızlardan elde edilen bolluklar, yıldızların ve galaksimizin kimyasal evrimine ilişkin önemli sınırlamalar sunar [1]. Yıldızların merkezinde gerçekleşen nükleer tepkimeler, yıldızın kütlesine göre farklı etkinlikte gerçekleşmektedir. Orta ve büyük kütleli (8-40 M_{\odot}) yıldızlarda baskın olarak CNO çevrimi görülür. Bu çevrim sırasında CNO elementleri katalizör olarak kullanılır. Tepkimenin gerçekleşebilmesi için öncelikle yıldız içerisinde CN dengesi sağlanmalıdır. Denge koşulları sağlanırken C miktarında azalma, N miktarında ise artma görülür ve O miktarında ki değişim ise çok küçüktür [2].

Yıldızlarda CNO çevriminin gerçekleştiği katman çok derindedir ve gözlenmesi mümkün değildir. Ancak kütle aktarmış çift sistemlerde yıldız fotosferinin derin katmanları, nükleosentez süreçlerinin ve bileşenlerin geçmişi hakkında bilgiyi korur [3]. Evrimleşen bileşen Roche Lobe'unu dolduracak ve yoldaş bileşen üzerine kütle aktaracaktır. Bu durum ise merkezi bölgelerin açığa çıkmasını sağlayıp, kütle aktaran bileşenin bu katmanlarının gözlenmesi mümkün hale getirmektedir [3]. Her ne kadar tek ve parlak yıldız tayflarında CNO elementlerinin çizgileri görülse de sönük yıldızlara doğru gidildikçe çalışılabilecek çok az sayıda çizgi bulunmaktadır. Örnek olarak CII 4267/6578/6582 Å çizgileri, tayfta kendini gösteren en baskın çizgilerdir. Ancak bu çizgiler elektronik geçişlerden dolayı tayfta doublet (ikili) veya multipleret (çoklu) çizgiler halinde görülürler [4], [5]. Bu sebepten dolayı yapılan tayf analizlerinde sağlıklı sonuçlar alınamamaktadır.

CII 4267 Å çizgisi için elde edilen bolluklar diğer karbon çizgilerinden elde edilen bolluklarla uyumsuzdur [6]. Yapılan birçok çalışma bu çizgilerin tutarlı bolluklarını saptamakta başarısız olmuştur. Bu tez çalışmasında çizgilerin tutarlı bolluklarını belirlemek için TLUSTY [7] paket programı ile Non-LTE (yerel termodinamik dengede

olmayan) çizgiler kullanılarak model atmosfer oluşturduk. TLUSTY temel olarak atmosferik yapının belirlenmesinde rol oynayan elementlerle hesaplama yapmaktadır. Bu program temel denklemleri (Işınımsal transfer, hidrostatik denge, ışınımsal denge, istatistiksel denge) hibrit CL/ALI yöntemiyle çözer [8]. Daha sonra oluşturduğumuz model atmosferlerden SYNSPEC paket programı ile sentetik tayflar ürettik. SYNSPEC, TLUSTY programı ile hesaplanan model atmosferden tayfları sentezlemek için özellikle yazılmıştır [7].



1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1 Temel Kavramlar

Karbon evrendeki en zengin ikinci metaldir. ^{12}C ve ^{13}C olmak üzere iki kararlı izotopu olup bunlar evrendeki toplam karbon bolluğuna %99 katkıda bulunmaktadır. Karbon, yıldızların helyum yakma safhasında $4\text{He}(\alpha)$, $8\text{Be}(\alpha)$, $^{12}\text{C}^*(\gamma\gamma)$, ^{12}C reaksiyon yoluyla üçlü α işlemi ile üretilir. Büyük kütleli yıldızlar, son SN patlamasında serbest bırakılan karbonla ISM'yi zenginleştirmenin başlıca kaynağı olmuşlardır.

Karbon, BA-tipi yıldızların atmosferi boyunca, çizgi oluşum derinliklerinde küçük bir kesirle (binlerce birkaç parçaya kadar) CI ile neredeyse tamamen iyonize olur. Non-LTE etkilerinin görsel ve yakın IR dalga boylarındaki CI/II çizgilerinin yorumlanması için önemi olması beklenmektedir. Bunlar tümüyle yüksek derecede uyarılmış seviyelerden ortaya çıkmaktadır ($\sim 7.5/14.5$ eV temel durumlarının üstünde CI/II). İyonizasyon eşiğinin altındaki $\sim 0.37/0.67$ eV' a kadar olan enerji seviyeleri CI/II modelinde açıkça (explicitly) bulunur [9].

Erken tür yıldızlar, galaktik kimyasal evrim açısından kimyasal bolluğu elde etmek için kullanılan önemli astrofizik nesnelere aittir. Erken tür yıldızlardan elde edilen bolluklar, yıldızların ve galaksimizin kimyasal evrimine ilişkin önemli sınırlamalar sunar [1]. Yıldızların merkezinde gerçekleşen nükleer tepkimeler, yıldızın kütlesine göre farklı etkinlikte gerçekleşmektedir. Orta ve büyük kütleli yıldızlarda baskın olarak CNO çevrimi görülür. Bu çevrim sırasında CNO elementleri katalizör olarak kullanılır.

Tepkimenin gerçekleşebilmesi için öncelikle yıldız içerisinde CN dengesi sağlanmalıdır [10]. Denge koşulları sağlanırken C miktarında azalma, N miktarında ise artma görülür. O miktarında ki değişim ise çok küçüktür [2].

Yıldızlardaki ışığın analizi, astrofizikteki en temel süreçlerden biridir. Güneş sisteminin dışında olan süreçler hakkındaki bilgimizin çoğunu, yıldızlardan yayınlanan ışığın incelenmesiyle elde edilir. Dolayısıyla yıldızlardan gelen enerji, yıldızın koşullarını anlamak için temel bir araçtır [11].

Bir yıldız atmosferi, yüksek yoğunluklu, optik olarak kalın bir yıldız iç kısmı ile hemen hemen boş, optik olarak ince yıldızlararası bir ortam arasındaki bölgeyi tanımlar. Yıldız atmosfer modeli oluşturmak için bazı varsayımlar yapılmaktadır. Bu varsayımlardan biri atomların kararlı halde (temel seviye) bulduklarını, ışınımın eş yönlü dağıldığını yani atmosferin bir LTE (yerel termodinamik denge) dengesinde olduğunu söyler. Bu varsayımla model atmosfer oluşturularak elde edilen sentetik tayflar gözlemlerle karşılaştırılır.

Erken tür yıldızların kimyasal kompozisyonu üzerine yapılan çalışmalar, yıldızların evrimi, nükleosentezi ve galaktokimyasal evrimi gibi geniş alanların anlaşılması bakımından oldukça önemlidir. Elementel bolluk tayinlerinin doğruluğu hangi teorisin test edilebileceğini tanımlar. Bununla birlikte, nicel tayfsal analiz birçok model varsayımına dayanmaktadır. Bu nedenle, yıldız atmosferinde radyasyon alanı ile plazma arasındaki etkileşimin detaylı bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Fiziksel modeldeki herhangi bir yanlışlık, gözlem ve veri azaltımında yüksek kalite elde edildiğinde bile, analizi sınırlar. Örneğin Hou ve ark. [12] ve Chiappini ve ark. [13] Galaktokimyasal evrimle ilgili olan çalışmalarında erken tip yıldızların Galaksinin mevcut kimyasal bileşimini açıklamakta yetersiz kalmışlardır. Galaktik metalik gradyanlarının türetilmesine izin veren modeller örneğin Rolleston ve ark. [14] ve Daflon & Cunha [15] güneş komşuluğunun ötesinde de elementel bollukların elde edilmesini sağlarlar. Genç yıldızlardan gelen bolluklar, HII bölgelerindeki verileri tamamlar ve maddenin kozmik döngüsü boyunca metallerin nükleosentezinin mevcut durumunun kısıtlanmasına izin verir. Doğru bolluklar yalnızca Galaktik erken tip yıldızlar için değil, aynı zamanda metalce zayıf ortamlardaki nesnelere için de türetilir.

Büyük kütleli erken tür yıldızların niceliksel tayfsal analizlerinden türetilen CNO bollukları, yıldız evrim modelleri için bazı gözlemsel kısıtlamalar sağlar. Nükleer işlenmiş madde ile karıştırılarak elde edilen hafif elementlerin temel yıldız parametreleri ve bollukları, farklı evrim modellerinin deneysel değerlendirilmesi sürecini kolaylaştırır [16].

Karbon, hafif elementler arasında özel bir rol oynamaktadır ve 3α sürecinde oluşan temel bir elementtir. Bu nedenle daha ağır elementlerin sentezine olanak sağlar [17]. Karbon, CNO çevrimi yoluyla H'nin He'a nükleosentezi için gerekli bir katalizördür ve aynı zamanda tüm organik kimyanın temelini oluşturmaktadır [1].

Erken tür yıldızlardan türetilen karbon bolluğu, o zamandan bu yana Unsöld öncülüğünde yapılan çalışma ile çok sayıda tayfsal çalışmanın konusunu oluşturdu. Gözlemlenen verilerin kalitesi ve karmaşıklığı, model hesaplamaları ve tayfsal analiz için büyük çaba sarf edilerek geliştirilmiştir, ancak günümüze kadar bazı tutarsızlıklar devam etmiştir. Erken tür yıldızlardaki 'klasik' karbon sorunu, güçlü CII 4267 türevlerinden elde edilen son derece düşük bolluklar ile Kane ve ark. [18] tarafından gösterildiği gibi, daha zayıf çizgilerden türetilmiştir. Daha sonra Hardorp & Scholz [19] ve Kodaira & Scholz [20] çalışmalarında da, hem güçlü CII 6578/82 Å hem de 4267 Å çizgilerinde tutarsızlıklar bulundu.

Yakın, parlak ve görünüşte yavaş dönen yıldızlarda, analizin detaylarına daha az duyarlı zayıf çizgilerden karbon bollukları elde etmek mümkündür. Bununla birlikte, galaktik veya hızlı dönen yıldızlarla ilgili çalışmalar, S / N kısıtlamaları veya rotasyonel dönme nedeniyle daha güçlü çizgilerle sınırlıdır.

Tayfsal modellemede önemli bir adım olarak, çizgi oluşumu hesaplamaları LTE yaklaşım yerine non-LTE temelli modeller ile devam edilmelidir. Literatürde birkaç model atom tartışılmıştır: Lennon [21]; Eber & Butler [5]; Grigsby ve ark. [22]; Sigut [23]; Przybilla ve ark. [24]; Lanz & Hubeny [25]. Eber & Butler' in model atomu, çoğunlukla henüz doğru belirlenmemiş olan erken tür tayf analizleri için geniş bir uygulama alanı sağlamıştır.

CII 4267 çizgisinin çoklu yapısı dolayısıyla, LTE modellerindeki tutarsızlık (CII 4267 çizgisinden elde edilen bolluklar Karbonun diğer zayıf çizgilerinden elde edilen bolluklarla karşılaştırıldığında normalden daha az çıkmaktadır [6]) bu çizginin non-LTE model hesaplamalarına yönlendirmektedir. Sistemik olarak LTE örneğinde olduğu gibi diğer zayıf CII çizgilerinden daha düşük bolluklar elde edilir [26]. Non-LTE' de CII/III iyonizasyon dengesinin oluşturulamaması da problemler arasındadır. İki iyonun bolluk farklılıkları $\sim 5-10$ faktör kadar olabilmektedir [27].

Erken B tipi yıldızlarla ilgili mevcut çalışmaların karşılaştırması sonucunda, güneş civarındaki günümüz karbon bolluklarının homojen olmayan (hatta tek bir küme içindeki yıldızlar için) ve büyük oranda alt-güneş bolluklarına sahip olduğunu göstermektedir [26], [28]. Kısa bir zaman ölçeği içinde moleküler bir buluttan oluşan genç büyük kütleli yıldızların homojen bir karbon bolluğu göstermesi beklenebilir. Gerçekte erken B türü yıldızlardan türetilen karbon bolluklarının güvenilirliği hakkında şüphe uyandıran önemli sistematik farklılıklar mevcuttur [29].

Tayfsal çalışmalar, gözlem verisinin kalitesine, model atmosfer yaklaşımlarına ve analiz tekniğine bağlıdır. Yapılan analizler ise sonuçların kalitesi için bir kaç süreç içerir. Bu süreçleri, veri indirgeme, yıldız parametrelerini belirleme ve bolluk belirleme olarak ayırabiliriz. Ancak bu yöntemle sistematik hataları kontrol etmek zordur. Dolayısıyla literatürdeki tutarsız sonuçların kaynakları belirlenememektedir.

Kimyasal bolluğun türetilmesindeki bir başka problem ise, çizgi oluşumu hesaplamaları için doğru atomik verisinin seçilmesidir [23]. Model atmosfer hesaplamaları, yıldız fotosferindeki plazma koşullarını gerçekçi bir şekilde ürettiğinde bile, çizgi oluşumu hesaplamaları için farklı atomik verileri kullanmak elde edilen bolluklarda büyük sistematik hatalara neden olabilir.

Atomların yapısı ve dolayısıyla atomik çizgi tayfı, kuantum mekaniği yasalarına göre hesaplanır. Atomlar, bulunduğu ortamdan bağımsızdırlar. Bu özellik, non-LTE hesaplamaları ve model atomları kalibre etmek için kullanılabilir. Pratikte, bu model atomların iyi belirlenmiş plazma koşullarının birkaç durumu için test edilmesi gerektiği anlamına gelir. Eddington sınırından uzak olan erken B türü yıldızların atmosferi, bu tür testler için uygundur.

Bu tez çalışmasında CII $\lambda 4267$ çizgisindeki bolluk tutarsızlıkları ve nedenleri tartışılacak, CII $\lambda 4267$ çizgisinin LTE ve non-LTE ölçümleri ile hangi etkilere maruz kaldığı belirlenecek ve yarı-yırık çift yıldız tayflarından elde edilen CII $\lambda 4267$ bolluk sonuçları ile tek yıldızlardan elde edilen CII $\lambda 4267$ bolluklar karşılaştırılacaktır.

1.2 Sıcak Yıldız Tayfları

Büyük kütleli yıldızlar Galaksilerdeki yoğun UV radyasyonunun ana kaynağıdır ve yıldızlararası ortamı (ISM) iyonize ederek belirgin HII bölgeleri oluştururlar. Büyük

kütleli yıldızlar Kırmızı Öte' de, tozu ısıtarak galaktik parlaklığa katkıda bulunurlar ve galaksilerin az yoğun X-ışını emisyonuna katkıda bulunurlar. Bu sebeplerden dolayı, yıldızlar arası ortamın dinamik ve kimyasal evriminin ve dolayısıyla tüm gökadalının gelişimi için büyük yıldızlar çok önemli yıldızlardır. Kırmızıya kaymaya sahip evrende, genç galaksilerin tayfları, sıcak ve büyük yıldızların hakimiyeti altındadır. Ayrıca, evrende gama-ışını patlamaları olarak algılanabilen en enerjik süreçlerin, büyük bir yıldızın son evrede kara deliğe çöküşünden (en azından kısmen) sonuçlandığından şüphelenilmektedir. Dolayısıyla yıldızların, galaksilerin ve evren hakkındaki anlayışımızı geliştirmek için büyük kütleli yıldızların ayrıntılı çalışılması şarttır.

Sayısal tayf analizi, yıldız tayflarını fiziksel olarak yorumlamayı amaçlar. Yani tek tek bireysel yıldız parametreleri (etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, metal bolluğu ve mikrotürbülans) elde edilir. Görsel ve yakın IR çizgi tayfi, çok sayıda kimyasal türe ait element bollukların belirlenmesine izin verir.

Yıldız tayf analizi 1815' lere dayanmaktadır ve o yıllarda Fraunhofer güneşin sürekli tayfini ve üzerindeki koyu çizgileri keşfetmiştir ve birkaç yıl sonra yine yıldız tayflarını gözlemledi. Sonuç olarak bütün tayf boyunca sürekli tayfi ve koyu çizgileri buldu. Tayf bilimi doğuşundan itibaren, gözlemlenmiş binlerce yıldız tayfinin belli gruplar içinde toplanıp toplanmayacağı sorusu sorulmuştur ve böylece tayfsal sınıflama fikri doğmuştur. Binlerce tayfin düzenli bir şekilde incelenmesi 21. Yüzyılın başlarında Harvard Gözlemevi tarafından yapıldı ve bugün bile Harvard Sınıflamasını kullanmaktayız. Bu sınıflama tamamen deneysel esaslar üzerine kurulmuştur ve yıldızların büyük bir çoğunluğunun tayfları sürekli bir seri halinde sınıflanabilir hale gelmiştir (O-B-A-F-G-K-M). Bu sınıflamada her sınıf 10 alt bölüme ayrılabilen ve alt sınıflar harfin yanında 0-9 arasındaki rakamlarla temsil edilmektedir. Yıldızların tayfsal sınıflandırılması için genellikle görsel bölgeden yararlanılır. Gerek sürekli tayfin gerekse çizgi tayfinin sürekli ve düzgün değişimi O-M tayfsal serisinin bir lineer seri olduğunu göstermektedir. Yıldızların renkleri ve enerji dağılımları gösteriyor ki tayfsal seri bir azalan sıcaklık serisidir ve yıldızların sıcaklıkları ile çizgi tayfi arasındaki fiziksel bağlantı Saha ve Boltzmann kanunlarının bulunması ile açıklanmıştır. Yani tayf çizgilerinin şiddetleri uyarılma-iyonlaşma sıcaklığına karşı sınıflandırılmıştır. Mavi olan yıldızlarda (OB), HeI ve HeII çizgileri görülmektedir. Helyumun iyonizasyon

potansiyeli çok yüksektir ($24eV$), sadece sıcak yıldızlardaki parçacıklar arasındaki çarpışmalar, He atomuna bu yüksek potansiyeli aşmak için gerekli ortamı sağlayacaktır.

B türü yıldızların sıcaklıkları $10500-30000$ K aralığında değişmektedir. Kütleleri, $3-20 M_{\odot}$, yarıçapları $3-8 R_{\odot}$ aralığında değişir. Bu yıldızlar sıcak, parlak ve genç yıldızlardır. Tayf türüne göre mavi yıldızlar olarak bilinirler. Bu yıldızların tayf çizgilerine bakıldığında ise HeI çizgileri ve H balmer çizgileri baskındır. B türü yıldızları sınıflayan çeşitli çizgiler Underhill [32] tarafından verilmiştir. B0-B5 tayf aralığında güçlü HeII çizgileri görülmektedir.

Normal B yıldızları; tayflarında çok güçlü nötral He çizgileri ve iyonize He çizgileri görülmektedir. A tayf türüne doğru gidildikçe nötr He çizgileri kaybolur. B yıldızlarının görsel bölgede görülen şiddetli çizgileri: H, HeI, CII, CIII, NII, NIII, OII, MgII, SiII, SiIII, SiVI, görülebilen çizgilerin sayısı A_0' a doğru gidildikçe azalır. B yıldızları hızlı dönen yıldızlar olduğu için zayıf çizgiler bu dönmenin vermiş olduğu etki ile tayf içinde kaybolurlar. Ancak B yıldızlarında CII çizgisi kendini gösteren şiddetli çizgidir ve B1 tayf türünde şiddeti maksimumdur [32].

1.3 Model Atmosfer Analizi ve Çizgi Oluşumu

Yıldızlarla ilgili neredeyse tüm bilgi, yıldız fotosferinden yayılan ışığın analizinden türetilir. Bu nedenle, tayfta kodlanan bilgilerin çıkarılması için teorik bir çözüm geliştirmek son derecede önemlidir. Yöntemler, yıldız plazmasındaki radyasyonun ve maddenin karmaşık etkileşimi, yıldız atmosferleri teorisi tarafından sağlanmaktadır [30].

1.3.1 Genel Değerlendirmeler

Unsöld' ün 1930'lu ve 40'lı yıllardaki ilk çalışmalarından beri yıldız atmosferleri önemli bir araştırma alanıdır. Bu alanda teknolojik, gözlemsel ve teorik gelişmeler üzerine o zamandan beri ilerleme kaydedildi. Yeni dedektörler, yüksek etkili CCD' ler gibi aletler gözlemlerin kalitesini büyük ölçüde arttırdı. Karmaşık problemlerin işlenmesini kolaylaştıran hızlı ve etkili sayısal yöntemler uygulanmıştır. Atom fiziğindeki yeni gelişmeler, maddenin ışınım alanı ile etkileşimi için gerekli olan büyük miktarda doğru atomik veriyi sağlamıştır. Bu faaliyetlerin tamamı, bilgisayar teknolojisindeki ilerlemelerden büyük ölçüde yararlanmıştır. Hidrostatik ve ışınım dengesindeki klasik

düzlem-paralel atmosfer modelleri, son yıllarda yüksek derecede gelişmişliğe ulaşmış bir alan olarak görülmelidir. Erken tip yıldızların analizi için yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılırlar. Bu konuya genel bakış, Mihalas [33] makalelerine ve daha güncel bilgiler içeren Hubeny' nin [34] ders kitap bilgilerine dayanmaktadır.

Klasik atmosferlerin temel varsayımlarıyla analizler, hidrostatik dengeye yakın atmosferik katmanlarla sınırlandırılmıştır. Bu bölge, genel olarak bir yıldızın görünür tayfının tamamının oluştuğu yıldızın fotosferi olarak adlandırılır. Bilindiği gibi hidrostatik denge varsayımı çözümleri kolaylaştırmaktadır. Ancak yıldız atmosferlerinin tam çözümüne ulaşmak için daha sofistike bir yaklaşım seçilmelidir. Birleştirilmiş modeller adı altında bu yönde ilk adımlar atılmıştır. Birleşik modeller, sıcak yıldızların tanımında ve yıldız atmosferinin tamamında oluşan tayfsal özelliklerin detaylı incelenmesinde oldukça başarılıdır. Bununla birlikte, günümüzde on binlerce çizgi dikkate alınarak BA tipi yıldızların fotosferik tayf analizleri klasik modellerle açıklanamamaktadır [30].

Termodinamik dengede büyük ölçüde basitleştirilmiş istatistiksel fizik vardır. Uyarılma ve iyonizasyon durumları Saha ve Boltzman denklemleri ile açıklanırken parçacık dağılımı ise Maxwellian hız dağılımı ile açıklanmaktadır. Bütün bu denklemler yıldızda hem sıcaklık hem atom seviyelerinde (atomun temel halde bulunması) denge koşulu söz konusu olduğunda geçerlidir. Bu denge durumu LTE (yerel termodinamik denge) diye adlandırılır.

LTE durumunda ışınım alanı Planck fonksiyonu ile karakterize edilir. LTE geçerliliği elektronik geçişlerin dengede olup olmadığına bağlıdır. Çarpışmadan kaynaklı geçişler radyatif geçişlere göre baskınsa LTE durumu geçerli olacaktır.

B-tipi yıldızların tayflarında, CII' nin şiddetli soğurma çizgileri, gözlenen eşdeğer genişlikleri, yıldız atmosferi modellerinden hesaplananlarla karşılaştırarak karbon bolluklarını tahmin etmek için yaygın şekilde kullanılır. Tutarlı bolluk miktarını belirleyebilmek için radyatif transfer denkleminin doğru tanımlanması gerekir. Genellikle bir düzlem paralel atmosferi, hidrostatik ve ışınım dengesi ve iyon popülasyonları Saha ve Boltzmann denklemleri (yani LTE yaklaşımı) ile verilir. Akının sürekli olduğu yerlerde elbette bu iyi bir yaklaşımdır. Bununla birlikte birçok iyonik tür

için, iyonik seviyeleri dolduran populasyonların işlemleri için non-LTE yaklaşımları göz önüne almak gerektiği belirtilmiştir [18], [33].

Görünür bölgedeki en güçlü C II 4267 Å çizgisi özellikle önemlidir. LTE modellerine göre türetilen karbon bollukların güneş bolluğuna göre ($[C/H]_* - [C/H]_{\odot}$) çok düşük çıktığı belirlenmiştir [18]. Ayrıca Kane ve ark., CII 4267 Å çizgisinden türetilen bollukların, diğer karbon çizgilerinden türetilen bolluklara göre daha büyük bolluk değeri verdiğini buldu. Gezegen bulutsularının gözlemlerinde de bu çizgiden anormal sonuçlar elde edilmesi ilginçtir [11].

1.4 Radyatif Transfer

Işınım, sıcak yıldızların yıldız atmosferi teorisinde önemli bir rol oynamaktadır. Yalnızca yıldız ortamının fiziksel özelliklerinin araştırılması olarak değil, aynı zamanda plazmanın durumunu belirlediği için de önem taşımaktadır. Aşağıda, bir boyutlu düzlem-paralel bir atmosfer varsayılmaktadır. Yıldız atmosferi boyunca ışınım yayılımı, ışınım transfer denklemiyle tanımlanır.

$$dE = dI_v dS \cos \theta d\omega dv dt \quad (1.1)$$

Işınım alanının madde ile etkileşiminin tanımlanması için iki fenomenolojik nicelik ortaya konmuştur. Kaynağın kesit alanı dS , uzunluğu ds , dI_v ise birim zamanda (dt), dS alanından yayınlanan ışınım şiddetini temsil eder. Yüzey normali ile ışık ışını arasındaki açı θ , K_v soğurma katsayısı, $d\omega$ ise katı açığı temsil eder.

$$dE = \kappa_v dI_v dS d\omega dv dt \quad (1.2)$$

Sonuç olarak, $1/\kappa_v$, bir foton ortalama serbest yolun dolaştığı karakteristik mesafeyi tanımlar. Benzer şekilde, salma katsayısı η_v , kaynağın radyasyon formunda serbest bıraktığı enerji miktarıdır.

$$dE = \eta_v dS d\omega dv dt \quad (1.3)$$

Soğurma katsayısı = soğurucu sayısı x atomun kesit alanı

Bazen iki tür soğurma süreci arasında ayırım yapmak uygundur: gerçek soğurma ve saçılma. Birinci durumda, bir fotonun yapısı bozulur ve enerjisi termal hale getirilirken, saçılma durumunda absorbe edilen foton hemen Doppler kaymasına uğramış bir

frekansta farklı bir yönde tekrar yayılır. Teknik olarak, bu gerçek soğurma, k_v ve saçılma σ_v ' nün soğurma katsayısı ayrı katkıları ile ifade edilir ($\kappa_v = k_v + \sigma_v$).

Termodinamik dengede, madde tarafından ışınlam alanından yayılan enerji ile alana giren enerji (1.2) ve (1.3) denklemleri ile dengelenir. Dahası termodinamik denge durumunda ışınlam şiddeti Planck fonksiyonu ile verilir. Yani, $I_v = B_v$.

$$B_v(T) = \frac{2hv^3}{c^2} \frac{1}{\exp(hv/kT)-1} \quad (1.4)$$

Planck fonksiyonu sadece frekans ve sıcaklığın bir fonksiyonudur. Burda “h” Planck sabiti, “k” Boltzmann sabiti, ve “c” ışık hızıdır. Önceki tanımlarda ışınlam transfer denkleminin 1D (bir boyutlu) basit bir çözümü görüldü.

$$\mu \frac{dI_v}{dz} = \eta_v - I_v \cdot K_v \quad (1.5)$$

Burad z; geometrik derinlik, μ ; $\mu \equiv \cos \theta$ ile tanımlanan yönlü kosinüs. Transfer denklemi, κ_v ile bölünmeden sonra, standart formunda yazılabilir.

$$\mu \frac{dI_v}{d\zeta_v} = I_v - S_v \quad (1.6)$$

Temel olarak optik derinlik;

$$d\zeta_v \equiv -K_v dz \quad (1.7)$$

ve kaynak fonksiyonunun tanımı;

$$S_v \equiv \eta_v / K_v \quad (1.8)$$

Optik derinlik τ_v , yüzeyden içe doğru ölçülen soğurma oranına karşılık gelir. Kaynak fonksiyonu birim optik derinlik başına yayılan fotonların sayısı ile orantılıdır. J_v ise ortalama ışınlam şiddetidir. J_v , belirli bir z derinliğinden gelen bütün ışınlam şiddeti değerlerinin ortalamasıdır.

$$J_v = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 I_v d\mu \quad (1.9)$$

H_v ; verilen kaynak içinde her yöne birim yüzey üzerinden v frekansında gelen enerji miktarıdır.

$$H_V = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 I_V \mu d\mu \quad (1.10)$$

Burada akıya $F_V = 4H_V$ karşılık gelir. Fiziksel olarak radyasyon basıncıyla ilgilidir. Yani K_V ye burada ağırlıklı ortalama akı denir.

$$K_V = \frac{1}{2} \int_{-1}^1 I_V \mu^2 d\mu \quad (1.11)$$

Verilen S_V ile ilgili olarak, transfer denklemi (1.6), sabit katsayıları olan integral faktörü $\exp(-\tau_V/\mu)$ vasıtasıyla kolaylıkla çözülen doğrusal bir birinci dereceden diferansiyel denklemdir.

$$I_V(0, \mu) = \int_0^\infty S_V(t) \exp\left(-\frac{\zeta_V}{\mu}\right) dt / \mu \quad (1.12)$$

Sonuç olarak, ortaya çıkan yoğunluk, bakış doğrultusu boyunca yaklaşık optik derinlik ve kaynak fonksiyonu değerinin karakteristiğidir. Tipik olarak, bir açı ortalaması ortalama yoğunluk ile ilgilidir ve burada genel çözüm şu şekilde yazılır:

$$J_V(\zeta_V) = \frac{1}{2} \int_0^\infty S_V(t) E_1(|t - \zeta_V|) dt = \Lambda_{\zeta_V}[s(t)] \quad (1.13)$$

Burad E_1 ilk üstel integraldir. İkinci ifadede, ortalama yoğunluk, kaynak fonksiyonuna etki eden bir operatör açısından formüle edilmiştir. Bu ise Λ operatörüdür. Λ -operatörü daha sonra, tüm derinlik noktalarından kaynak fonksiyonunu tanımlayan Λ -matrisi formuna dönüştürülür. İlke olarak, basit bir yineleme şeması, Λ yinelemesi olarak adlandırılan ışınım transfer probleminin çözümü için kullanılabilir. Kaynak fonksiyonunun ilk tahminden başlayarak (örneğin, yerel termodinamik dengeyi varsayan popülasyonlardan türetilir), ışınım alanı, transfer denkleminin çözülmesi ile hesaplanır. Işınım alanı, değiştirilmiş popülasyonları belirlemek için kullanılır ve sonuçta kaynak fonksiyonu için yeni bir tahmin yapılır. Bu yöntem, bazı yakınsama kriterleri yerine getirilinceye kadar tekrar edilebilir. Bununla birlikte, pratik uygulamalarda Λ -yinelemesi yakınsamayı başaramaz. Bunun fiziksel nedeni şudur; her yineleme, fotonların ortalama sebest yol üzerindeki yayılımını tanımlar ve geniş optik derinliklerde çok sayıda saçılma meydana gelir ve bu da yinelemelerin sayısının engellenmesine sebep olur. Bu nedenle başka algoritmalar bulunmalıdır.

Atmosferin derinliklerinde kaynak fonksiyonu Planck fonksiyonuna yaklaşır ($S_V \rightarrow B_V$). Bu bölgelerde yıldız atmosferlerinde termal dengeye yakın koşullar oluşur. Bu

koşullar, transfer probleminin difüzyon süreci ile ifade edilebileceğini gösterebilir. Difüzyon yaklaşımındaki toplam radyasyon akısı, Rosseland ve ortalama donuklukla tanımlanan sıcaklık gradyant ve ortalama bir donukluk ile orantılıdır:

$$\frac{1}{\chi_R} \frac{dB}{dT} = \int_0^\infty \frac{1}{\chi_V} \frac{dB_V}{dT} dV \quad (1.14)$$

Rosseland donukluğunun önemi, büyük derinliklerde tam radyasyon akışını ve dolayısıyla doğru sıcaklık yapısını ortaya çıkarmasında yatıyor. Genel problem çok daha karmaşıktır ve ışınım transfer problemini sayısal olarak çözmek için birkaç daha iyi yöntem geliştirilmiştir. Ayrıntılar Mihalas [33] ve Hubeny' nin [34] kısa özetinde bulunabilir. Temel ipucu, ışınım taşınım problemindeki fiziksel bağlantının bir bölümünün diğerlerinden daha önemli olduğunu anlamaktır. Cannon [35], operatörün ışınım transferine ayırma yöntemini tanıtmıştır. Bu fikir:

$$\Lambda = \Lambda^* + (\Lambda - \Lambda^*) \quad (1.15)$$

Burada Λ^* uygun şekilde seçilen yaklaşık lambda operatörüdür. Bu durumda, i-inci yinelemeden kaynaklanan ortalama yoğunluk:

$$J^i = \Lambda^* S^i + (\Lambda - \Lambda^*) S^{i-1} \quad (1.16)$$

Λ -Operatörünün işlemi iki katkıya bölünmüştür: Yaklaşık Λ^* operatörü, (yavaşça yakınsayan) yerel soğurma ve salma süreçlerini tanımlarken, tam ve yaklaşık operatör arasındaki fark $\Lambda - \Lambda^*$, kaynak fonksiyonunun önceki, bilinen yinelemesine etki ederek yakınsamayı hızlandırır. Non-LTE çizgi oluşum problemini çözmek için ALI yaklaşımı ilk kez Werner & Husfeld [36] tarafından kullanılmıştır. Sayısal ışınım transferi için ALI şemasını oluşturmak için tercih edilen yöntem Rybicki & Hummer [37] çalışmasında geliştirilmiştir.

1.4.1 Standart Paralel Düzlem Işınım Transfer Denklemi

Radyal optik derinlik kullanımı düzlem paralel geometride radyasyon taşıma denkleminin standart formunu sunar.

$$\mu \frac{dI_V}{d\tau_V} = I_V - S_V \quad (1.17)$$

Işınım transfer denkleminin yerel çözümü (1.6)' da verilmişti. Genel Çözüm: İçe doğru yoğunluk ($\mu < 0$) :

$$I_V^-(\tau_V, \mu) = - \int_0^{\zeta_V} S_V(t_V) e^{-(t_V - \zeta_V)/\mu} dt_V / \mu \quad (1.18)$$

Dışa doğru akı ($\mu > 0$) :

$$I_V^+(\tau_V, \mu) = + \int_{\tau_V}^{\infty} S_V(t_V) e^{-(t_V - \zeta_V)/\mu} dt_V / \mu \quad (1.19)$$

Eddington-Barbier Yaklaşımı:

Yıldız yüzeyinde ortaya çıkan yoğunluk,

$$I_V^+(\tau_V = 0, \mu) = \int_0^{\infty} S_V(t_V) e^{-t_V/\mu} dt_V / \mu \quad (1.20)$$

$$S_V(\tau_V) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \tau_V^n = a_0 + a_1 \tau_V + a_2 \tau_V^2 + \dots + a_n \tau_V^n \quad (1.21)$$

$$I_V^+(\tau_V = 0, \mu) = a_0 + a_1 \mu + 2a_2 \mu^2 + \dots + n! a_n \mu^n \quad (1.22)$$

İlk iki terimden sonra her iki genişlemenin kesilmesi, önemli Eddington-Barbier yaklaşımını üretmektedir.

$$I_V^+(\tau_V = 0, \mu) \approx S_V(\tau_V = \mu) \quad (1.23)$$

S_V ' nün ζ_V ile doğrusal olarak değiştiği zaman ortaya çıkan akı için:

$$F_V^+(0) \approx \pi S_V(\tau_V = 2/3) \quad (1.24)$$

1.5 Model Atmosferler (Yerel Termodinamik Durum ve Yerel Termodinamik Olmayan Durum)

Bir yıldız atmosferi, yüksek yoğunluklu, optik olarak kalın bir yıldız iç kısmı ile hemen hemen boş, optik olarak ince yıldızlararası bir ortam arasındaki sınırdır. Yıldız atmosfer modeli oluşturmak için bazı varsayımlar yapılır. Atomların kararlı halde (temel seviye) buldukları, ışınımın eş yönlü dağıldığı yani atmosferin yerel olarak dengede olduğu varsayılır ve hesaplanan sentetik tayflar gözlemlerle karşılaştırılır. LTE den ayrılma katsayılarını anlamak için bu önemli bir adımdır (D. J. Lennon 1983)

Termodinamik denge devam ederse, istatistiksel fizikten iyi bilinmektedir ki madde özelliklerinin tanımlanması büyük ölçüde basitleştirilmiştir. Bu durumda parçacık-hız dağılımları ve uyarı ve iyonizasyon durumları üzerindeki atom dağılımları benzersiz bir şekilde, yıldız atmosferinde mutlak sıcaklık T ve toplam parçacık sayısı yoğunluğu N olarak seçilebilen iki termodinamik değişken tarafından belirlenir veya elektron sayı yoğunluğu n_e ile belirlenir. Termodinamik denge, yıldız atmosferi için küresel olarak olmasa bile, standart termodinamik ilişkiler yerel olarak kullanılabilir. Bu kavrama yerel termodinamik denge (LTE) adı verilir. Dağılım fonksiyonlarının denge değerlerinin sadece büyük parçacıklara atandığına dikkat edin. Nitekim, ışınım alanının Planck fonksiyonundan ayrılmasına izin verilir [30].

Özellikle, LTE aşağıdaki üç dağılımla karakterize edilir: parçacıkların Maxwellian hız dağılımı 1D durumunda formüle edilir.

$$f(v)dv = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right) 4\pi v^2 dv \quad (1.25)$$

$$(n_j/n_i) = (g_j/g_i) \exp\left(-\frac{E_j - E_i}{kT}\right) \quad (1.26)$$

$$\frac{N_I}{N_{I+1}} = n_e \frac{U_I}{U_{I+1}} C T^{-3/2} \exp\left(\frac{\chi_I}{kT}\right) \quad (1.27)$$

(1.25) - (1.27) denklemleri LTE durumunu genel açıdan tanımlar. Mikroskopik olarak, LTE tüm atomik işlemler ayrıntılı dengede ise, yani her işlem tersiyle tam dengelenirse gerçekleşir.

Buna karşılık, LTE' den ayrılan herhangi bir durum, non-LTE olarak gösterilir. Genellikle, bazı atom-iyonların bazı enerji seviyelerinin popülasyonlarının LTE değerlerinden ayrılmasına izin verilirken, tüm parçacıkların hız dağılımları aynı kinetik sıcaklıkta kalır. Sadece Saha-Boltzmann denklemleri, (1.26) ve (1.27) denklemlerinde formüle edildiği gibi, enerji düzeylerini dolduran ve azaltan ayrıntılı atomik işlemleri çözümleyen daha sofistike bir yaklaşımla değiştirilmelidir.

Modern yıldız atmosferleri teorisinin en önemli konularından biri, LTE' den ayrılmaların sayısal modellemelerle hesaplanıp hesaplanmayacağını ve ne ölçüde ölçülmesi gerektiğidir. LTE' nin mikroskopik tanımından, parçacıklar plazmada yerel koşullara sıkı sıkıya bağlı oldukları için büyük parçacıklar (Tipik olarak madde içindeki

elektronlarla iyonlaşmış) arasındaki çarpışmaların LTE durum eğiliminde oldukları açıktır. Bunlar termalizedirler. Yıldız atmosferi boyunca ışınım yayılırken non-local bilgi aktaran fotondur. Bu nedenle, LTE' nin geçerliliği, ışınım geçişlerinin dengede olup olmadığına bağlıdır. Alternatif olarak, çarpışma geçişleri ışınım geçişleri üzerinde büyük oranda egemen ise LTE geçerli olacaktır. Ancak ışınım geçişlerinde ayrıntılı denge genellikle fotonlar kaçtığı için yüzeyin yakınlarında belli bir noktada bozulmaktadır. Dahası, ışınımın yoğunluğu ile orantılı olan ışınım geçişlerinin önemi, yüksek sıcaklıklardan ötürü sıcak ve süperdev yıldızlarda daha da önem kazanmaktadır. Düşük parçacık yoğunlukları çarpışma süreçlerini bastırır ve büyük oranda foton ortalama serbest yolları destekler [30].

1.5.1 Klasik Yıldız Atmosferlerinin Temel Varsayımları

Klasik yıldız atmosferi probleminin temel varsayımları ve denklemleri aşağıda özetlenmiştir.

Genel: Atmosferin uzaysal uzantısının, yıldızın yarıçapına kıyasla küçük olduğu kabul edilir. Bu, ışınım transfer probleminin düzlem-paralel geometride ele alınabileceğini ima eder. Dahası, atmosferin yatay homojen tabakalardan oluştuğu ve böylece modelin 1-D problemine indirildiği düşünülmektedir. Gözlemcilerin bakış açısından, derinlik değişkeni, genellikle optik derinlik yıldız yüzeyinde sıfırdır ve atmosferin içine doğru ilerledikçe yükselir. Hemen hemen tüm yıldız kütlesi, atmosferin altındaki katmanlarla - yıldız zarf ve yıldız çekirdeği ile - sınırlı olduğundan, yer çekimi atmosfer boyunca sabit kalır. Hemen hemen tüm yıldızlar, atmosferin altındaki katmanlarla - yıldız zarfı ve yıldız çekirdeği ile sınırlı olduğundan, yer çekimi atmosfer boyunca sabit kalır. Atmosferin durağan olduğu varsayılmaktadır, yani açıkça zamana bağlı bir olgu yoktur.

- a) **Hidrostatik denge:** Atmosfer boyunca üst katmanların ağırlığı toplam basınç tarafından desteklenir. Radyatif basıncın katkısının dahil edildiği hidrostatik denge denklemi:

$$\frac{dP}{dz} = -\rho (g - g_{rad}) \quad (1.28)$$

Burada P toplam basınç, ρ yoğunluk, g yüzey çekim ivmesi, g_{rad} ışınım ivmesi, yerçekimi etkilerini azaltarak dışarıya doğru hareket eder, böylece (g-grad) terimi etkin yerçekimi ivmesi olarak görülür.

- b) **Işınımsal Denge:** Bu varsayım, yıldız çekirdeğinde üretilen tüm enerjinin ışınım şeklinde atmosferden taşınması gerçeğini ifade eder. Radyasyon akışının korunmasına eşdeğerdir

$$\int_0^{\infty} H\nu d\nu = \text{sabit} = \frac{\sigma}{4\pi} T_{eff}^4 \quad (1.29)$$

Burada σ Stefan-Boltzmann sabiti, T_{eff} etkin sıcaklık. Bu denklem, ışınım transfer denklemleri kullanılarak şu şekilde yeniden yazılabilir:

$$\int_0^{\infty} (K\nu J\nu - \eta\nu) d\nu = \int_0^{\infty} K\nu (J\nu - S\nu) d\nu = 0 \quad (1.30)$$

Burada yalnızca gerçek soğurma süreçleri ortamın enerji dengesine girmektedir ($K\nu$ yerine $\chi\nu$). Çünkü emici ve soğurucu saçılma katkıları iptal olur.

- c) **Termodinamik Hal:** İki alternatif koşuldan biri genellikle varsayılır: Ya LTE durumunda Maxwell hız dağılımı ve Saha Boltzmann denklemleri (1.25) ve (1.27) ile tanımlanırlar veya non-LTE, istatistiksel denge olarak da bilinir. Bu durumda, Saha-Boltzmann denklemleri, seviye i 'den seviyeye j 'ye geçişler için, sırasıyla R_{ij} ve C_{ij} radyatif ve çarpışma hızlarının olduğu istatistiksel denge denklemleri veya hız denklemleri ile değiştirilirler.

$$n_i \sum_{j \neq i} (R_{ij} + C_{ij}) = \sum_{j \neq i} (R_{ji} + C_{ji}) \quad (1.31)$$

Denklem (1.31) 'in sol tarafı; i düzeyi azalan geçişleri, sağ taraf ise bu seviyeyi dolduran süreçleri tanımlamaktadır. Işınımsal yükselme oranları aşağıdaki ifade ile verilir;

$$R_{ij} = 4\pi \int \sigma_{ij} \frac{J\nu}{h\nu} d\nu \quad (1.32)$$

Burada σ_{ij} , bağlı-bağlı veya bağlı-serbest süreçler için bir atomik kesittir. Burada azalan oran LTE popülasyonlarını gösterir.

$$R_{ij} = 4\pi \left(\frac{n_i}{n_j}\right)^x \int (\sigma_{ij} / h\nu) \left(\frac{2h\nu^3}{c^2} + J\nu\right) \exp\left(\frac{-h\nu}{kT}\right) d\nu \quad (1.33)$$

İlk terim kendiliğinden emisyonla ilgili iken, ikincisi uyarılmış emisyonu açıklar. Çarpışma süreçlerinde yükselme oranları, $f(\nu)$ çarpışan parçacıkların hız dağılımı olup, burada ağırlıklı olarak tayfsal A tipinden önceki yıldızlardaki elektronlardır.

$$C_{ij} = n_e \int \sigma_{ij}(\nu) f(\nu) \nu d\nu \quad (1.34)$$

Çarpışma oranları $C_{ji} = (n_i / n_j) * C_{ij}$ 'den kaynaklanmaktadır. Bir atomun tüm seviyeleri için hız denklemleri dizisi doğrusal olarak bağımlı bir sistem oluşturur. Sistemi kapatmak için, bu eşitliklerden biri başka bir ilişki ile değiştirilmelidir. Genellikle, bu toplam sayı korunum denklemidir ve toplam, belirli bir türün tüm iyonlarının tüm seviyelerinde bulunur.

d) Yük Koruma: Bu durum, ortamın genel elektrik nötrlüğünü ifade eder;

$$\sum_i n_i Z_i - n_e \quad (1.35)$$

Burada, Z_i , i seviyesiyle ilişkili yüküdür. Bu, nötr bir tür için 0'a eşittir, tekli iyonlanmış türler için ise 1'dir. Bu toplam, tüm kimyasal türlerin tüm iyonlarının tüm seviyelerini kapsar. Buna ek olarak, ışınım transfer denklemi (1.6) ile açıklanmaktadır. Elde edilen küme, eşzamanlı olarak çözülmesi gereken çok bağlanmış, doğrusal olmayan denklemler sistemi oluşturur. Sorunun karmaşıklığı nedeniyle, bu temel yapısal denklemlerin ayırık hale getirilmesi ve sayısal olarak çözülmesi gerekir.

Tam non-LTE yapısını çözmek için bir dizi kod mevcuttur. En güçlüleri ise ALI tekniğini kullanarak yazılan kodlardır. Bu bağlamda ilk uygulamalar Werner [36] tarafından gerçekleştirildi. Diğer uygulamalar, TLUSTY' nin [7] ALI kodudur. Bunlar genellikle oldukça sınırlı sayıdaki atom-iyonları non-LTE' de, tipik olarak H ve He' da ve ayrıca hafif elementler CNO' da açıkça işe yarar. Demir grubu elementleri gibi son derece kompleks türler için bile non-LTE çizgi oluşum hesaplamaları yapılmasına izin veren bu iki çözüm arasında hybrid (melez) bir versiyon bulunmaktadır. Burada, atmosferik yapı önceki hesaplamalardan bilinir (LTE veya basitleştirilmiş non-LTE) ve sabit tutulur. Bunun üzerine, ışınım transferi ve ilgili bir atom/iyon için istatistiksel denge denklemi eşzamanlı olarak çözülür. Son zamanlarda örneğin statik durumda Rybicki & Hummer [37] ışınımsal aktarım için bir ALI şeması ve rüzgar hızı alanlarını hesaplama olanağı sunar. Yani hem normal yıldızlar hem de rüzgar yapısına sahip yıldızlar için bu kodlar mevcuttur [30].

1.6 Çizgi Engellemesi ve Çizgi Örtüşmesi

Çizgi engelleme ve çizgi örtüşmesi terimleri binlerce ila milyonlarca tayfsal çizginin atmosferik yapı ve ortaya çıkan tayf üzerindeki etkilerini tanımlar. Tayfsal çizgiler radyasyona opaktır, bu nedenle enerji akışının toplam akıdan tasarruf sağlamak için

diğer frekanslarda yer alması gerekir. A yıldızlarındaki tayfin UV bölgesindeki çok sayıda güçlü özellikleri bulunduğundan fotonların daha uzun dalga boylarından kaçmaları gerekir. Bu çizgi örtüşmesi, ortaya çıkan tayfin genel şeklini etkiler [1]. Ayrıca, enerji akışının gerçekleştiği tayfin bant genişliği sınırlandırıldığından, akışı sürdürmek için daha fazla bir sıcaklık gradyenti gereklidir. Sonuç olarak, daha derin tabakalardaki sıcaklık yükselir ve bu da geri-ısıtma etkisine yol açar. En üst katmanlarda ise, çizgilerin varlığı yüzey soğutmasına neden olur. Yani ağır elementler bir örtü etki yapar. Özellikle Fe grubu türleri, çok sayıda geçişi olan ağır elementler, Fe ve Ni, örtücü etkiye çok fazla katkıda bulunmaktadır. Fe grubu elementlerinin geçiş sayıları (iyon başına yüzlerce milyonlarca seviyede), LTE veya non-LTE' de çizgi engelleme ve örtücü etkilerden dolayı çizgilerin tek tek analizleri zorlaşmaktadır. Burada İki farklı alternatif ile istatistiksel bir yaklaşım seçilmelidir. Opaklık Dağılım Fonksiyonları (ODF) ve Opaklık Örnekleme (OS): **ODF**' lerde temel fikir, frekansın tekdüze bir fonksiyonunu oluşturmak için ayrıntılı çizgi donukluk dağılımını yeniden örnekleme. Ortaya çıkan fonksiyon daha sonra az sayıda frekans noktaları ile temsil edilir. Böylece detaylı hesaplamalar bir kez gerçekleştirilir ve ODF' ler sonraki uygulamalarda kullanılmak üzere ayrı frekans aralıkları için (örneğin, sıcaklık ve basıncın bir fonksiyonu olarak) tablolaştırılır. **OS** temel fikri, çizgi opaklığı dağılımının basit bir Monte Carlo benzeri örnekleme olup, çizgi karışımlarının (blend çizgiler) ve örtüşmelerinin tedavisinde birçok avantaj sunar. ODF ve OS genellikle LTE popülasyonlarını varsayarak kullanılır.

Daha karmaşık olan non-LTE modellerinde denklemlerin yeniden formülize edilmesini gerektirir ve süper seviyelere yeterince yakın enerjilerle, süper çizgilere karşılık gelen geçişleri gruplar. Bu üst düzeyler için istatistiksel denge çözülür. Daha sonra, üst düzeydeki bireysel seviyeler için ayrıntılı bir denge varsayılır. En nihayetinde ODF veya OS' ler oluşturulur. Bunlar süper lineer opaklık dağılımlarına dayanarak gerçekleştirilir [22]. Örtücü uygulamalar için çizgi opaklıklarının çeşitli düzeltmelerinin bir örneği için bkz. [34].

1.7 Tayfsal Çizgi Oluşumu

Yıldız atmosfer modelleri ve sentetik tayf, gözlenen yıldız tayfıyla karşılaştırıldığında, yıldızların yüzeyi bileşimi ve yapısı hakkında bilgi edinebilen araçlardır. Bu sonuçlara dayanarak, örneğin yıldızları ve Galaktik evrim modellerini test edebilir kimyasını ve

evrenin farklı evrelerini de belirleyebiliriz. Yıldızların tayfları, yıldızların, yıldız popülasyonlarının ve hatta galaksilerin oluşum ve evrim modellerini anlamak analiz etmek için kullanılan temel gözlemsel kanıtlardır.

Soğurma ve salma katsayıları, maddenin bileşimine, yoğunluğuna ve sıcaklığa bağlıdır ve ışığın belirli bir bölgeden nasıl geçtiğini ve giden radyasyonun atmosferdeki diğer bölgelere nasıl etki edeceğini belirler. Salma ve soğurma katsayıları dalga boyuyla birlikte değişir ve tayfin şeklini oluşturur. Tayfsal çizgiler, belirli bağlı atomik geçişlerle üretilir ve bu nedenle, tayfdaki bu keskin özellikler, sorumlu elementlerin bolluğuna ve geçiş sürecindeki atom seviyelerinin popülasyonlarına güçlü bir şekilde bağlıdır. Tayfsal çizgi, bir elemente ait olduğunda onu, elemente ait sentetik tayflarla karşılaştırabilir ve söz konusu elementin bu tek çizgiyi kullanarak bolluğunu hesaplayabiliriz. En uygun durum, bunu aynı elementin birden fazla çizgisini kullanarak yapmaktır [30].

Bir yıldız atmosferinde atomlar iç bölgeden gelen ışınımı soğururlar ve farklı yönlere yoğunluğu azaltarak tekrar ışınımı salarlar.

Işınımın taşınması esas olarak iki şeye bağlıdır: Einstein katsayıları ile verilen ışık-atom etkileşiminin olasılığı (geçiş olasılıkları) ve popülasyon yoğunluklarına. LTE ve non-LTE koşulları arasındaki temel fark, bu tür popülasyonların davranışlarında yatmaktadır. Çarpışmalar termodinamik dengeye ulaşmak için yeterince etkili olduğunda, atom popülasyonları üzerindeki radyasyon etkileri önemsiz olmakta ve popülasyonları tanımlamak için Saha ve Boltzmann denklemlerini kullanabilmekteyiz. Atmosferin bir noktasında yoğunluk, sıcaklık ve çarpışmalar LTE koşullarına ulaşmak için yeterli derecede etkili olmaz ve atomik popülasyonlar Plank fonksiyonundan saptığı için ışınımdan etkilenmeye başlar. Bu bölgede bir tayfsal çizgi oluşursa, çizgi non-LTE koşullarına duyarlı olabilir ve LTE tayf sentezi, gözlemlenen yüksek kaliteli tayflardan kesin bolluk tayinlerini elde etmek için güvenilir bir modeller sağlamıyor. Derin atmosferdeki yüksek basınç ve çarpışma oranları genellikle LTE durumunun gerekliliğini garanti eder ancak yıldız atmosferinden uzaklaşıldığında basınç düşer ve non-LTE etkileri daha önemli olur. Bu geçiş, tayfsal çizgilerin çoğunun olduğu yıldızlardaki fotosferlerde meydana gelir. Yıldız tayflarındaki non-LTE etkiler, çizgiden çizgiye farklılık gösterir, bu nedenle non-LTE etkisi genellikle kolayca tahmin edilemez. Güvenilir non-LTE hesaplamaları için kritik bir nokta çarpışma verilerini

tanımlamadaki doğruluktur. Bu veriler genellikle eksiktir ve bu nedenle yaklaşık formüller kullanılır. Bu gibi yaklaşımlar, bir dizi geçiş ve atom için tahminler yapabilme yeteneğine sahipken, istenen yüksek doğrulukta tayfları modellemek için genellikle yetersizdir. Bu tür yaklaşımların sınırlı uygulanabilirliği, gelişmiş ve tam çarpışma verilerini elde etmenin gerekliliğini arttırmaktadır.

Erken tip yıldızlarda ortaya çıkan genel tayf esas olarak sürekli akı ile belirlenirken, sadece kaba fiziksel bilgiler bu şekilde kodlanır. Sadece, atomların ve iyonların bağlı halleri arasındaki geçişlerden kaynaklanan tayfsal çizgilerin bir analizinden yıldız atmosferinin fiziksel durumunda daha derin bir bilgi elde edilebilmesi mümkündür. Bunun nedeni, tayfsal çizgilerin yüksek tabakalardan (süreklilik oluşumu bölgesi) gözlemlenebilen en derin noktalara geniş bir aralıktaki atmosfer derinliklerinin bir örneğini sağlamasıdır; çünkü bunlar çekirdekte çok daha opaktır. Bu nedenle, istenilen fiziksel bilgiyi çıkarmak için tayfsal çizgileri modellemek için güvenilir yöntemler geliştirmek önemlidir. Burada çizgi oluşumunun temel ilkeleri özetlenmektedir. Bir tayfsal çizginin şiddeti temel olarak soğurucu sayısı ve çizgi salma kesiti ile verilir.

$$\sigma_{ij} = \frac{\pi e^2}{mc} f_{ij} \rho v = B_{ij} \frac{h\nu_{ij}}{4\pi} \rho v \quad (1.36)$$

Burada e elektron yükü, m elektron kütlesi ve f_{ij} osilatör kuvveti ρv çizgi soğurma profili olup, normalize edilir. ($\int \rho v dv = 1$)

Çoğu durumda varsayıldığı gibi, bu, salma profili ile aynıdır. Bu nedenle, çizgi şiddetini belirleyen temel atomik miktar osilatör şiddetidir. Soğurma olasılığını veren Einstein katsayısı B_{ij} ile ilişkilidir ve ν_{ij} geçişin çizgi merkez frekansıdır. Soğurma (B_{ij}), uyarılmış salma (B_{ji}) ve kendiliğinden geçişler (A_{ij}) için Einstein katsayıları:

$$A_{ji} = \left(\frac{2\nu^3}{c^2}\right) B_{ji} \quad \text{ve} \quad g_i B_{ij} = g_j B_{ji} \quad (1.37)$$

Einstein katsayıları B_{ij} ve B_{ji} , atomların kuantum mekaniksel işlemlerinden elde edilebilir. Öte yandan A_{ji} 'nin başlangıç türetmesi, kuantum alan teorisi gerektirir. Fakat Einstein katsayılarını kullanmanın yeterli olması durumunda böyle hesaplamalar yapılmasına gerek yoktur.

Tayfsal çizgi analizleri için ortak bir yaklaşım (özellikle bolluk analizleri için), eşdeğer genişlik açısından ifade edilen çizgi profilini ölçmek ve modellemektir.

$$W_{\lambda} = \int_0^{\infty} \frac{F_c - F_{\lambda}}{F_{\lambda}} d\lambda \quad (1.38)$$

Burada, çizgideki akı (F_{λ}) süreklilikteki akıya göre (F_c) ölçülür. Eşdeğer genişlik, çalışılan çizgiyle süreklilik seviyesinin altında kalan alana sahip çizginin genişliğine eşittir. Verilen bir eşdeğer genişliğin sonsuz sayıda profilden elde edilebileceği açıktır. Bu nedenle tek başına eşdeğer genişliğe dayalı sonuçlar yanıltıcı olabilir. Bu nedenle, analizlerde tercihen, özellikle bolluk elde etmek için çok daha fazla bilgi gerektiğinden, ayrıntılı çizgi profilinin modellenmesi daha doğru sonuçlar verecektir.

Çizgi soğurma profili, yıldızın plazma içindeki yerel şartlarına ve araştırılan bir atomun veya iyonun atomik özelliklerine bağlıdır. Aslında sonsuz ömürlü ve seviyeleri olan ideal, izole bir atom için, tayfsal çizgiler neredeyse tamamen keskin olurdu. Fakat gerçekte, bir plazmada gerçek atomların enerji seviyelerinde belirsizlik üreten ve böylece çizginin genişlemesine neden olan birkaç farklı mekanizma vardır.

Doğal genişleme, radyasyon bozunumunun kendisi tarafından belirlenen atomik seviyelerin son ömrü tarafından üretilen çizgi genişliğidir. $\Delta E \cdot \Delta t \geq h$ belirsizlik ilkesi ile ifade edilir. Burada Δt bir bozunum hali için bir karakteristik ömür ve ΔE , enerji dağılımını ifade eder. Atom veya iyonlar sadece temel halde kararlıdır. Genelde uyarılmış seviyelerin ömrü 10^{-8} saniyedir. Bazı seçim kurallarını ihlal eden geçişler, yarı-kararlı düzeyler çok daha uzun ömürlü olurlar. Işınım sönümlemesi Lorentz profili ile verilir.

$$\delta_{\nu} = \frac{\gamma_{rad}/4\pi^2}{(\nu - \nu_{ij}) + (\gamma_{rad}/4\pi)^2} \quad (1.39)$$

γ_{rad} , FWHM (çizginin yarı genişliğindeki tam genişliği) ile, üst ve alt seviyelerin tüm olası ışınımsal bozulmalarını açıklayan her iki seviyenin karşılıklı ortalama ömrünün toplamına eşittir.

$$\gamma_{rad} = \sum_{n < i} A_{in} + \sum_{m < j} A_{jm} \quad (1.40)$$

Yaşam süresi, deneysel olarak veya osilatör şiddeti hesaplamalarının bir yan ürünü olarak elde edilir. Düşük yoğunluklu ortamlarda güçlü çizgiler için radyasyon sönümlemesi birinci derecede önemlidir, çünkü tek başına izole atomlar için bile bu durum gerçekleşir. Bununla birlikte, yıldız atmosferlerinde diğer genişleme mekanizmaları da hakimdir.

Atom bir plazma içine gömülürse, gazdaki diğer atomlarla veya yüklü parçacıklarla çarpışmaların neden olduğu çizgilere ek bir basınç artışı olacaktır. Gerçek genişleme verisi, bu tezin kapsamının çok ötesindeki basınç genişlemesi kuantum teorisinden elde edilir. BA-tipi yıldızlarda çarpışma genişlemesi için en önemli mekanizmalar, hidrojen çizgileri için doğrusal Stark etkisi ve hidrojen dışındaki atomlar ve iyonlar için ikinci derece Stark etkisidir. Stark genişliklerini tahmin etmek için uygun bir yaklaşım şu şekilde verilmiştir:

$$Y_{col} = 4.335 \times 10^{-7} Z^2 (R_c)^2 (E_u^2 + E_l^2) \quad (1.41)$$

Z iyonik yüküdür ($Z=1$ için nötr, $Z=2$ için bir kez iyonlaşmış vb.), $R = R_\infty \mu/m$ Raydberg sabiti ve $E_{u/l}$ (üst/alt iyonizasyon enerjisi) [30]. Basınç genişlemesi (yüksek yoğunluklarda doğrusal Stark etkisi hariç) ayrıca bir Lorentz profili verir ve çizgi profili $Y_{rad} + Y_{col}$ toplam genişliğiyle (radyasyon + çarpışma sönümlenmesi) Lorentzian olur ve her iki sönümlenme sürecinin birbiri ile ilişkisinin olmadığı varsayılır.

Diğer basınç genişleme mekanizmaları, sırasıyla, nötr hidrojen atomlarının birbirleriyle çarpışmalarını ve hidrojen dışındaki atomların nötr hidrojen atomları ile çarpışmalarını tarif eden rezonans genişlemesi ve van der Waals etkileşimidir. Her iki etki de güneş tipi yıldızlarda önemlidir, ancak nötr hidrojenin nadir olması nedeniyle BA-tipi yıldızlarda ihmal edilebilir. Bu alandaki son gelişmeler Barklem ve ark. (2000a, 2000b). Tarafından bildirilmiştir.

Yıldız atmosferlerinde atomlar toplu halde görülür ve bakış doğrultusu boyunca bir hız dağılımı ile hareket eder. Her bir atom için profil, bireysel bakış doğrultusundaki hızına göre Doppler kayması gösterir.

$$\Phi_V = \frac{1}{\sqrt{\pi} \Delta_{vD}} \exp(-\Delta_v / \Delta_{vD}) \quad (1.42)$$

Her bir atom profilini oluşturan sönümlenme süreci hızıyla ilişkisiz ise, kayan profiller, bir Gaussiyen olan Doppler genişlemesi için karakteristik profili vermek üzere üst üste getirilebilir. Burad $\Delta_v = v - v_{ij}$; Δ_{vD} çizginin Doppler genişliğidir.

$$\Delta_{vD} = \frac{v_{ij}}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m_A}} + \xi \quad (1.43)$$

m_A dikkate alınan kimyasal türün kütlesi, ξ ise mikrotürbülans hızıdır. Doppler genişliğinin ilk terimi, ortamdaki atomların ısısal hareketine karşılık gelirken, ikincisi, mikrotürbülans olarak adlandırılan termal olmayan bir bileşenden kaynaklanmaktadır. Termal olmayan hareketlerin en muhtemel değeri ξ etrafında bir Gauss dağılımına sahip olduğu ve bir foton ortalama-serbest-yoluna kıyasla küçük olan ve dolayısıyla ek bir çizgi genişletme kaynağı oluşturduğu varsayılacaktır. Mikrotürbülans, başlangıçta, gözlem ile daha iyi uyuşan model hesaplamaları için ek bir parametre olarak tanıtıldı. Bununla birlikte, günümüzde kapsamlı bir teorik açıklama eksikliğine rağmen bazı termal olmayan genişleme kavramlarının fiziksel olarak hesaplamalardan hariç tutulmadığı vurgulanmalıdır.

Doğal, çarpışma ve Doppler genişlemesini hesaba katan toplam çizgi profili, Lorentz' in Gauss ile birleşmesinden kaynaklanır ve Voigt profili olarak adlandırılır.

$$\varnothing_v = \varnothing_v^{Doppler} \times \varnothing_v^{Lorentz} = \frac{\gamma/4\pi^2}{\sqrt{\pi} \Delta_{vD}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\exp[-(\Delta_v/\Delta_{vD})^2]}{(v-v_{ij}-\Delta_{vD})^2+(\gamma/4\pi)^2} d\Delta_v \quad (1.44)$$

Önceki tüm genişleme mekanizmaları, küçük veya mikroskobik ölçeklerde hareket eder ve hem çizgi şiddetlerini hem de çizgi şekillerini etkiler. Yıldızlar konvansiyonel yöntemlerle çözülemezken, noktasal kaynaklar olarak görünürler, yayılan ışığın yıldız diski üzerinde bütünleştirilmesini gerektirirler ve böylece makroskopik çizgileri de genişlemiş ölçeğe sokarlar. Öte yandan, tayfsal çizgiler, yıldız diskinin farklı bölümlerinden çıkan ışığın, nispi Doppler kaymalarından kuvvetle etkilenerek rotasyonel genişlemeye neden olur. Unutmayın ki çizgi şekli, fotonların frekans dağılımı ile değişirken, çizgi şiddeti değişmeden kalır.

Merkezden bir yıldızın uzantısına bakarken, daha yüksek (yıldızın üst katmanlarına gidildikçe) fotosferik tabakalardan gelen ışınım daha soğuk ve bu nedenle daha az parlak olarak görülür. Bu, limb-darkening koyulaştırmasıdır; yaygın olarak doğrusal bir ilişki ile yakınsanır;

$$I(0, \mu)/I(0,1) = 1 - \varepsilon (1 - \mu) \quad (1.45)$$

Bu da disk merkezine göre $\theta = \cos^{-1}\mu$ açıda yoğunluğa neden olur. Burad ε limb-darkening katsayısı, bu yavaşça değişen λ fonksiyonudur ve çizgi profili boyunca sabittir.

Türbülanslı hareketler, bir foton ortalama-serbest yolla karşılaştırıldığında büyük ölçekte de ortaya çıkabilir. Bunlara makrotürbülans denir. Bireysel makrotürbülans hücreleri, hücrenin hızına karşılık gelen Doppler kaymalarına neden olur. Bu bağlamda, makrotürbülans çizgi profili üzerinde rotasyona (dönme) benzer bir şekilde etki eder. Soğuk yıldızlar, makrotürbülansı konvektif hücreler şeklinde gösterir. Çizgi profili üzerindeki etkiler makrotürbülansla radyal-teğetsel modelde başarılı bir şekilde anlatılmıştır ve bu da çizgi profilinin uygun bir makrotürbülans işlevi ile konvolüsyonunu gerektirir [30]. Yani ek bir parametre olarak radyal-teğetsel makrotürbülans hız (ξ_{RT}) ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte, daha sıcak yıldızlarda yüzey konveksiyon bölgelerinin olmadığı bilinmektedir [30].

Son olarak, ölçüm sürecinin kendisi, tayfçekerin sonlu çözünürlüğü nedeniyle tayfsal çizgide ilave bir genişleme sağlar (aletsel genişleme). Süperdev BA-tipi yıldızların yüksek çözünürlüklü gözlemleri için diğer genişleme mekanizmalarının hakimiyeti genellikle göz ardı edilebilir ancak orta çözünürlükte önem kazanabilir. Enstrümental profilin $v = c/2\sqrt{\ln 2R}$ ye karşılık gelen bir FWHM ile Gauss olduğu varsayılır. Burada $R = \Delta\lambda/\lambda$ tayf çekerin çözünürlüğüdür.

1.8. Tayfsal Çizgilerin Şeklini Etkileyen Mekanizmalar

Bir atom veya molekül bir enerji seviyesinden diğerine geçtiğinde elektromanyetik ışınım yayınlanır veya soğrulur. Bu soğurmanın eşdeğer genişliğinden (tayf çizgisinin alanından), o yıldızın atmosferine yönelik kimyasal bolluk analizleri yapılmaktadır.

Bir elektronun farklı enerji seviyeleri arasındaki geçişlerinde, belirli dalgaboylarında fotonların yayınlandığı veya soğrulduğu ve bu fotonların enerjilerinin aynı bir atom söz konusu olduğunda, aynı seviyeler için değişmediği bilinmektedir. Buna göre bütün tayfsal çizgilerin keskin ve son derece ince olması gerekir. Örneğin ν_0 frekansında oluşan bir soğurma çizgisi düşünelim. Bu çizgi son derece ince olmalıdır ancak ν_0 frekansının çok yakınlarında da ışınım soğrulur ve bu da tayfsal çizginin genişlemesine sebep olur [38]. Tayf çizgilerini genişleten mekanizmalar aşağıda verilmiştir:

a) Doğal Genişleme:

Bir fotonun soğrulması ile o atomun yapısı hafif te olsa bozulacağından, bir yörüngeden diğerine geçiş esnasında atomik enerji seviyelerinde bir miktar bozulma vardır ve

geçişler sonucunda ortaya çıkan soğurma çizgileri özünü kaybetmiştir. Yani bir miktar genişlemişlerdir. Bu olay her tür atomda meydana gelir ve buna çizginin doğal genişliği denir. Bu genişleme çok küçük olup genelde angstromun yüzde biri kadardır.

Doğal genişlik Heisenberg belirsizlik ilkesine göre de açıklanabilir; Kuantum mekaniğine göre çizgi genişliği ilgili geçişlerde enerji düzeylerinin sonlu genişliklerinin bir sonucudur. Heisenberg belirsizlik ilkesi: $\Delta E = (1/2\pi) \cdot h/\Delta t$. Burada ΔE bir enerji düzeyinin genişliği, Δt ise durumun ömrüdür. Yani elektronun o düzeyde kaldığı zaman uzunluğudur. Bu nedenle soğurma veya salma çizgisinin minimum da olsa foton frekanslarında bir yayılma meydana getirir. Bu doğal genişliktir ve mertebesi yaklaşık 0.05 mÅ dur [38].

b) Termal Doppler Genişlemesi:

Doğal genişleme bir enerji seviyesinin gerçek ömrüne bağlıyken, Doppler genişlemesi sıcaklığa ve gazın kimyasal bolluğuna bağlıdır. Belli bir T sıcaklığındaki gazın m kütleli tanecikleri, gelişigüzel hızlarla hareket ederler ve bu hızları karakterize eden ortalama kinetik enerjileri: $mv^2/2 = 3kT/2$ denklemi ile verilir. Bir yıldız atmosferinde foton yayınlayan atomların böyle gelişigüzel termal hızlarından dolayı bazıları gözlemciye doğru (bakış doğrultusunda), bazıları ise gözlemciden uzaklaşacak şekilde hareket ederler. Bu hareketler bakış doğrultusu boyunca tayfta bir genişleme meydana getirirler. Bu genişlemeye termal Doppler genişlemesi denir.

Belirli bir sıcaklıkta ağır elementlerin tayf çizgileri, ağır taneciklerin daha yavaş hareketlerinden dolayı hafif elementlerin tayf çizgilerine göre daha dar bir şekilde oluşmaktadır. Mesela nötral hidrojen, T= 6000 K' de ortalama $v = 12 \text{ km s}^{-1}$ lik bir hızla hareket eder ve bu da $\Delta\lambda/\lambda \approx v/c \approx 4 \times 10^{-5}$ oranında bir Doppler genişlemesine karşılık gelir. Bu şekilde elde edilen Balmer α çizgisinin Doppler genişliği yaklaşık $1/4 \text{ Å}$ olur [38].

c) Dönmeden Kaynaklı Doppler Genişlemesi:

Burada bir yıldızın dönme hareketinden dolayı yine bakış doğrultumuzda olan genişlemesi söz konusu. Yıldız bakış doğrultumuza göre eğer bize yaklaşıyorsa maviye kayacaktır. Bizden uzaklaşıyorsa kırmızıya kayma olacaktır. Bunların sonucunda,

çizginin doğal genişliğinin yanında, yıldızın kendi eksenini etrafındaki dönmesinden kaynaklı çizgi genişlemesi de meydana gelir [38].

d) Basınç Çarpışma Genişlemesi:

Doppler Etkisine ek olarak, tayfsal çizgiler bir gaz basıncından etkilenebilir. Genelde basınç, bir gazdaki atomlar arasındaki çarpışmaların frekansı ve şiddetinin ölçüsüdür. Atomun enerji seviyeleri komşu tanecikler tarafından tedirgin edilir ve bozulurlar. Eğer bu çarpışmalar esnasında atomlardan birinin fotonu soğrulursa, soğrulan fotonun enerjisi bu bozulmadan etkilenecek ve tayfsal çizginin genişlemesine neden olacaktır. Tayfsal çizgi üzerindeki bu etki çarpışmadan kaynaklı genişleme olarak bilinir. Genişleme miktarı atomlar arasındaki çarpışmanın frekansı ile tayin edilir. Çarpışma frekansı ise gazın yoğunluğuna ve sıcaklığına bağlıdır. Eğer sıcaklık biliniyorsa tayfsal çizgilerin genişliği gazın yoğunluğunun bir göstergesidir [38].

1.9 Non-LTE Etkiler

LTE' den ayrılmaları hesaplamak için, LTE' ye kıyasla LTE' den farklı olarak hesaplanan bir atomda veya bir molekülde belirli bir enerji seviyesinin sayı yoğunluğunu, yani n_{NLTE}/n_{LTE} yi araştırmak gerekir. Bu oran bir ayrılma (departure) olarak adlandırılır. Katsayısı, b_i olan. Birkaç tanım olmasına rağmen, yukarıda verilen en yaygın formdur. LTE altında, $b_i = 1$ seviyesinin termal olduğu söyleniyor. Occupation sayısı sadece Saha-Boltzmann istatistiklerinde verilen sayıdır ve $b_i > 1$ ise, seviye LTE' deki değerine göre aşırı popülasyona sahiptir [39].

Bu rakamlar nasıl ortaya çıkıyor? Algoritma, verilen yıldız parametrelerini, atmosferdeki fiziksel değişkenlerin değişim derecelerini ve dikkate alınan bir atomun veya molekülün asıl atom özelliklerini hesaplamak için enerji seviyelerinin göreceli popülasyonlarını belirleyen istatistiksel denge denklemlerinde bulunur. Elektronik konfigürasyonların yapısı ve geçiş olasılıkları.

Bunu daha iyi anlamak için, SE eşitlik oranlarını bir i seviyesi için genişletilebileceği bilinmektedir [33]. İstatistiksel denge denklemleri, hem NLTE modeli atmosferi hem de çizgi oluşturma problemleri için anahtar denklemlerdir.

Basit bir yaklaşım olarak sıcaklığın ve gaz basıncının derinlik ile bir ilişkisi olan yıldız atmosferinin bir boyutlu hidrostatik modelini alalım ve radyasyonun dışarıya doğru taşınmasını göz önünde bulunduralım. O halde her derinlik noktasında, madde

parçacıklarının (iyonlar, atomlar, elektronlar, moleküller) birbiriyle yerel termodinamik dengede (LTE) olduğunu varsayınız. Bu denge parçacıklar arası çarpışmalarla kurulur ve Maxwellian hız dağılımı ve parçacıkların uyarma ve iyonlaşma dereceleri üzerindeki Saha-Boltzmann dağılımı ile sonuçlanır.

Radyasyon alanının enerji dağılımı LTE $J_v \neq B_v$ 'den ayrılabilir, ancak maddenin enerji bölüşümü üzerindeki non-blackbody (karacisim olmayan) radyasyon alanının etkisi göz ardı edilir.

Yerel enerji oranı η_v , yalnızca gazın yerel termodinamik özelliklerine bağlıdır. Yerel kinetik sıcaklık T_e ve yerel basınç. Bu nedenle yerel kaynak fonksiyonu sadece Planck fonksiyonu B_v 'dür. Bununla birlikte fiziksel gerçek, fotonların ve madde parçacıklarının çeşitli şekillerde etkileşim kurmasıdır. Foto-eksitasyon ve iyonlaşma, radyatif rekombinasyon, uyarılmış salma ve diğer işlemler gibi.

Yıldızın içinde, tipik olarak fotosferin çok altındaki çarpışma oranları çok yoğun ve fotonun ortalama serbest yolu l_v , fiziksel değişkenlerin (sıcaklık, basınç) değiştiği ölçekten daha küçüktür. Böylece radyasyon alanı Planck Fonksiyonuna eşit olur $J_v=B_v$. Yıldız yüzeyine daha yakın olan parçacığın aldığı serbes yol daha büyük olur. Böylece, fotonlar dışa doğru yayılırken, maddenin ayrışması artar. Işınım alanı yerel olmayan, ve kuvvetle Planck dağılımına uymayan bir hale gelir. Sayısal hesaplamalar, dış atmosferik katmanlarda non-local (yerel olamayan) ışınım alanı tarafından yönlendirilen ışınım geçiş oranlarının çarpışma geçiş oranlarından çok daha fazla olduğunu ve atom enerjisi düzeylerinin popülasyonlarının LTE değerlerinden farklı olduğunu göstermektedir. Non-local dağılımına bağlı olarak ortaya çıkar. Gaz boyunca hareket eden fotonlar yalnızca yönlerini rastgele bir şekilde değiştirir ve frekansta hafif bir kayma yaşarlar. Işınımsal aktarım süreçlerinde saçılmayı ve dolayısıyla bir elementin uyarma-iyonlaşma dengesini kurmak için non-LTE kavramı tanıtıldı [39].

İlk olarak, Saha-Boltzmann denklemleri ve hız denklemleri zamandan bağımsız istatistiksel denge (SE) ya da kinetik denge denklemleri ile değiştirilir.

Örneğin bir i seviyesi için bir istatistiksel denge denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$n_i \sum_{j \neq i} P_{ij} = \sum_{j \neq i} n_j P_{ji} \quad (1.46)$$

Burada $P_{ij} = C_{ij} + R_{ij}$, seviyedeki i 'ye uyarılan iyonların denge sayısını belirleyen çarpışma ve radyasyon oranlarının (parçacık başına) toplamıdır. Görülen alt simge ij , seviye i 'den seviyeye j 'ye geçiş anlamına gelir. Bu denklem yıldız fotosferinin her birim hacmindeki her iyonun ' c ' her seviyesi ' i ' için yazılmalıdır. Böylece atomlar, elektronlar ve fotonlar arasındaki mikroskobik etkileşimi tanımlayacaktır.

İstatistiksel denge denklemleri için sabit sayıdaki hidrojen yoğunluğu için sayı koruma denklemi kullanılabilir:

$$\sum_{i,c} n_{i,c} = \frac{\alpha_{el}}{\alpha_H} (\sum_i n_{i,H} + n_p) \quad (1.47)$$

Burada α_{el}/α_H , tüm atomların ve iyonların hidrojen elementine oran kesrini verir. Çarpışma oranları için, birkaç teorik formül mevcuttur; ayrıca, kuantum-mekanik hesaplamalar ve ilgili enerji dağılımları için birkaç deneysel veri noktası mevcuttur. Çarpışma oranları sadece elektron sıcaklığının ve yoğunluğunun değerine bağlıdır. Maxwellian hız dağılımı için, bir geçişte alt seviyeden üst seviyeye çarpışmaya bağlı geçişler, detaylı denge ilkesiyle üst seviyeden alt seviyeye ters geçişlerle ilişkilidir. Yani Saha-Boltzmann faktörü $\exp(-E_i/kT)$ ve seviye istatistik ağırlıkları aracılığıyla esnek olmayan çarpışmalara bağlı geçiş oranları aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$C_{ij} = n_e \int_{v_0}^{\infty} \sigma_{ij}(v) v f(v) dv \quad (1.48)$$

Burada $\sigma_{ij}(v)$ elektron çarpışma kesiti, $f(v)$ Maxwellian hız dağılımı $mv_0^2/2 = hv_0$ eşik hızıdır. Işınım alanı, R_{ij} radyasyon hızları vasıtasıyla denklem 1.46'ya girer:

$$R_{ij} = \int_0^{\infty} \frac{4\pi}{hv} \sigma_{ij}(v) J_v dv \quad R_{ji} = \int_0^{\infty} \frac{4\pi}{hv} U_{ij} \sigma_{ij}(v) \left(\frac{2hv^3}{c^2} + J_v \right) dv \quad (1.49)$$

Burada $\sigma_{ij}(v)$, i seviyesinden j seviyesine geçişin kesitidir. Bağlı-bağlı geçişler için;

$\sigma_{ij}(v) = \sigma^{line}(v)$, bağlı-serbest geçişler için; $\sigma_{ij}(v) = \sigma^{cont}(v)$ şeklinde ifade edilmiştir. U_{ij} fonksiyonu şu şekilde ifade edilmiştir:

$$U_{ij} = \left(\frac{n_i}{n_j} \right)_{LTE} \exp\left(-\frac{hv}{kT}\right) \quad (1.50)$$

Burada j , bağılı seviyedir ve enerji durumu süreklidir. Geçiş $i \rightarrow j$ ile ilgili tüm frekanslarda J_ν ortalama yoğunlukları, optik derinliği ζ : olarak yazılabilen ışınım transfer denkleminde türetilir:

$$d\zeta_\nu(z) = -K_\nu dz \quad (1.51)$$

$$\mu \frac{dI_\nu(\zeta_\nu, \mu)}{d\zeta_\nu} = I_\nu(\tau_\nu, \mu) - S_\nu(\tau_\nu) \quad (1.52)$$

Gerçek (termal) soğurma ve salma süreçleri için kaynak fonksiyonu S_ν , Planck fonksiyonu ile tanımlanır. Non-LTE’ de belirli bir noktadaki yerel enerji salınımının bir kısmı, çevredeki ortamdan fotonların dağılmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, kaynak fonksiyonu, yerel olmayan bazı frekanslarda bulunan ışınım alanına da bağımlıdır. Sonuç olarak, uyarma ve iyonizasyon seviyeleri arasında parçacıkların dağılımını sağlamak için aynı anda çözülmesi gereken istatistiksel denge ve ışınım transfer denklemlerinin birleşim sistemine sahibiz [39]. Birleştirilmiş İstatistiksel denge ve ışınım transfer denklemlerinin çözümü ve dersin kapsamı, en yaygın yöntem, hızlandırılmış lambda yinelemesi Rybicki & Hummer [40] tarafından verilmiştir.

1.9.1 İstatistiksel Denge Denklemi

LTE’ den ayrılmaları ölçmek için, n_{NLTE}/n_{LTE} türüyle ilişkileri, yani LTE'ye kıyasla non-LTE'de hesaplanan bir atomda veya bir moleküldeki belirli bir enerji seviyesinin sayı yoğunluğunu hesaplamak gerekir. Bu oran ayrılma katsayıları olarak adlandırılır b_i [39]. LTE durumunda $b_i=1$ seviyesinin termalize olduğu söylenir. Yani occupation sayısı sadece Saha-Boltzmann istatistiklerinde verilen seviyedir. Non-LTE durumunda $b_i < 1$ ise seviye popülasyonu azdır, $b_i > 1$ ise seviye LTE’ deki değerine göre aşırı popülasyona sahiptir. Bu rakamlar nasıl ortaya çıkıyor? Algoritma, verilen yıldız parametrelerini, atmosferdeki fiziksel değişkenlerin değişim derecelerini ve dikkate alınan bir atomun veya molekülün asıl atom özelliklerini hesaplayabilmek için enerji seviyelerinin göreceli popülasyonlarını belirleyen istatistiksel denge denklemlerinden bulunur. Yani Elektronik konfigürasyonların yapısı ve geçiş olasılıkları. Bunu daha iyi anlamak için, istatistiksel denge eşitlik oranlarını bir i seviyesi için genişletebiliriz [33] :

i enerji seviyesine olan tüm geçişler ve i enerji seviyesinden tüm geçişler

$$(1.53)$$

$$\sum_{j>i} n_j \left(\frac{n_i}{n_j}\right)_{LTE} (R_{ji} + C_{ji}) + \sum_{k<i} n_k (R_{ki} + C_{ki}) =$$

$$n_i \sum_{k<i} \left(\frac{n_i}{n_j}\right)_{LTE} (R_{ik} + C_{ik}) + n_i \sum_{j>i} (R_{ij} + C_{ij})$$

Burada j bir bağlı veya serbest geçişlerin iyon taban durumuna veya süreklilik durumuna atıfta bulunabilir. Tüm iyonlaşma süreçlerini ihmal edersek, denklem 1.53 aşağıdaki gibi basitleştirilir:

$$\sum_{j>i} n_j \left(\frac{n_i}{n_j}\right)_{LTE} (A_{ji} + B_{ji} \bar{J} + C_{ji}) + \sum_{k<i} n_k (B_{ki} \bar{J} + C_{ki}) =$$

$$n_i \sum_{k<i} \left(\frac{n_i}{n_j}\right)_{LTE} (A_{ik} + B_{ik} \bar{J} + C_{ik}) + n_i \sum_{j>i} (B_{ij} \bar{J} + C_{ij})$$
(1.54)

Burada $\bar{J} = \Psi_V J_V dv$, A_{ij} ve B_{ij} uyarılmış ve kendiliğinden geçişler için Einstein katsayılarını, C_{ji} çarpışma uyarılma oranıdır.

Tüm ilgili frekanslarda ışınım transfer denklemleri eşzamanlı olarak bir model atomdaki tüm düzeyler için denklemler çözüldükten sonra, atomik sayı yoğunlukları n_i 'nin non-LTE değerlerini veren istatistiksel dengesini buluruz. Bir sonraki adım genelde dağılımın nasıl ortaya çıktığını anlamak ve özellikle radyasyon alanının etkisi altında LTE'lerden ayrılmaları yönlendiren öncü durumu belirlemek amacıyla bireysel oranları analiz etmektir. Genellikle, çoğu bireysel oranı analiz etmeye gerek yoktur, çünkü bunların çoğu çok küçüktür, bu nedenle pratikte istatistiksel denge bir veya iki baskın durum tarafından oluşturulmuştur. Bu durumlar, özünde, bir çizgide veya süreklilikteki optik derinliği, J_v ile Planck fonksiyonu arasındaki farkı, farklı atom seviyeleri için çapraz kesitlerin göreceli büyüklüğü gibi faktörlerin belirli bir bileşimi altında oluşan süreç dizisidir. Bu durumları şöyle sıralayabiliriz:

Foto-iyonizasyon, Yüksek rekombinasyon, foton indüklemeye, foton kaybı ve rezonans çizgi saçılması, foto iyonizasyonda baskın iyonlar, çarpışmada baskın iyonlar,

- a) **Foto-İyonizasyon ve Foton Yığılması:** Planck fonksiyonundan daha büyük ortalama yoğunluğa sahip olan bir süper-termal radyasyon alanı, $J_v > B_v$, aşırı iyonizasyona ve fazla uyarılmaya yol açar. İkinci işlem foton yığılması olarak adlandırılır. Tipik durum, yıldız atmosferinde $J_{v,c}$ sürekliliğinin ortalama

yoğunluğunun, yıldız akısının azami mavi alanlarında yer alan Planck fonksiyonunun belirgin derecede üzerindedir. Böylece aşırı uyarılma ve aşırı iyonizasyon, mavi ve UV'de iyonlaşma eşiğine sahip olan nötr atomları (Mg I, Si I, Fe I.) etkiler.

- b) **Yüksek – Rekombinasyon:** Ortalama yoğunluk Planck fonksiyonunun ($J_\nu < B_\nu$) altına düşerse, iyonizasyon eksikliği, rekombinasyonu üst seviyelere götürür.
- c) **Foton İndüklenme:** Birçok unsur için, elektronik konfigürasyonların diyagramı, en düşük seviyeyi ve en üst seviyeyi birbirine bağlayan yüksek olasılıklı geçiş dizisi ile çok düzenli haldedir. Bu her basamakta, düşük seviyelere yüksek olasılıklı geçişler yoluyla ardışık bir geri uyarılmayı temsil eden foton indüksiyonunu destekliyor.
- d) **Foton Kaybı ve Rezonans Çizgi Saçılması:** Optik derinlik bir çizgide birden daha düşük bir değere düşerse, $\tau_{\nu 0} < 1$, fotonlar termal enerjiye dönüşmeksizin ortamdan kaçarlar. Buna istatistiksel denge çerçevesinde foton kaybı denir. Işınımsal uyarılma eksikliği ve kendiliğinden geri uyarılmalar üst seviyedeki bir geçişte alt seviyenin aşırı popülasyonuna neden olur. Etki, çok küçük çarpışma ihtimaline sahip güçlü rezonans çizgileri (ör., Na veya Mg) için özellikle önemlidir. Çizgideki foton kaçışının kendisi, alt-termal S_ν ' ye neden olan çizgi kaynak fonksiyonunu etkiler. Elbette, çoğu durumda bu süreçlerin hepsinin ortaya çıkması çok zor olan sofistike bir paket oluşturur. Non-LTE etkileri, fiziksel koşullar ve atom yapısı (iyonizasyon enerjisi, atomdaki enerji düzeylerinin özellikleri, izin verilen ve yasaklanmış geçişlerin sayısı, kesitlerin boyutu) dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır. Bununla birlikte, genellikle atomlar iki kategorisinden birine girer: foto iyonizasyonun baskın olduğu atomlar ve çarpışmanın baskın olduğu iyonlar.
- e) **Foto-iyonizasyonun Baskın Olduğu İyonlar:** Temelde non-LTE durumunda aşırı iyonizasyon. Tipik durum, aşırı iyonize edici türlerin düşük enerji seviyelerinin çok büyük foto iyonizasyon kesitlerine sahip olması ve iyonizasyon kesitlerinin UV' de bulunduğu ve burada $J_\nu > B_\nu$ olduğu bulunur. Dahası, kompleks elektronik konfigürasyonlara sahip atomların foto iyonizasyon kesitleri genellikle radyasyon oranlarını daha da arttıran bazı enerjilerde belirgin rezonanslara sahiptir. Bu tür atomlar (Mg I, Al I, Si I, Fe I) için, non-LTE ayrılma katsayıları genel olarak bir ortalamadan daha düşüktür, yani, popülasyon

yoğunluğunun az olduğu bir alt küme vardır ve bu az nüfusdan kaynaklı, çarpışmalar veya optik olarak kalın çizgi geçişleri ile diğer tüm seviyelere yeniden dağıtılır. Non-LTE etkileri genelde T_{eff} ' in yükselmesiyle birlikte artar ve $[\text{Fe} / \text{H}]$ ve $\log g$ değerlerini düşürür.

- f) **Çarpışmanın Baskın Olduğu İyonlar:** Çok küçük fotoiyonizasyon kesitleri, çarpışmanın baskın olduğu iyonların istatistiksel dengesi, güçlü çizgi saçılması, yüksek rekombinasyon ve çarpışma termalizasyonu arasındaki etkileşimi yansıtır. Bu özelliklere sahip iyonlar NaI ve KI dir. Bununla birlikte, bunun 1D hidrostatik model atmosferlerinde genel bir çözümü olduğunu ve 3D modellerle istatistiksel denge hesaplamasında geçerli olmayabileceğinin bilinmesi gerekir [39].

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1 Yöntem

Bu tez çalışmasında VLT (Very Large Telescope) teleskobunun FLAMES ve FEROS tayfçekerlerinden alınmış $R=28000$ / $R=48000$ çözünürlüklerine sahip 50 adet normal B yıldızının tayf analizi yapılmıştır. FLAMES tayfçekerlerinden alınmış bu yıldızlar NGC 3293, NGC 4755 ve NGC 6611 Galaktik açık yıldız küme üyeleridir. Her bir yıldız için tek tek etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi, radyal hız, mikrotürbülans hızı, dönme hızı ve C II 4267 bollukları hassas bir şekilde hesaplanmıştır.

Normal B türü yıldız tayflarının TLUSTY [7] paket programı ile 15000-30000 K aralığında non-LTE model atmosferleri elde edildi. TLUSTY temel olarak atmosferik yapının belirlenmesinde rol oynayan elementlerle hesaplama yapmaktadır ve temel denklemleri hibrid CL/ALI yöntemiyle çözer [8]. Elde edilen model atmosferlerden SYNSPEC paket programı ile sentetik tayflar üretildi. VLT-FLAMES' dan alınan 15000-3000 K aralığında tayflar, elde edilen sentetik tayflar arasında genetik algoritma temelli çalışan STARFIT programı ile interpolasyon yapılarak sıcaklıkları (T_{eff}), yüzey çekim ivmeleri ($\log g$), dönme hızları (v_{sini}), ve radyal hızları (rv) hassas bir şekilde ölçüldü. Bulunan parametreler ile SYN PLOT programı ile bu yıldızlara ait C λ II 4267 çizgisinin bollukları hesaplandı. SYN PLOT [8], SYNSPEC kullanıcıları için çok kullanışlı olan IDL' de yazılmış çözüm yöntemi χ^2 temelli paket programdır.

2.2 Materyaller

TLUSTY paket programı, normal B türü yıldızların LTE ve non-LTE atmosfer modellerini üretmek için çok kullanışlı bir açık kaynak koddur. Program temel denklemleri hibrit CL/ALI yöntemiyle çözer (Işınımsal transfer, hidrostatik denge, ışınımsal denge, istatistiksel denge ve yük koruma) [7]. Bu yöntem iki temel bileşenin

avantajlarını birleştiren tam doğrusallaştırma yönteminin yüksek yakınsama oranını kullanarak hesaplamalarını yapar ve ilk olarak Auer ve Mihalas [33] tarafından tanıtılmıştır. Düzlem - paralel, homojen atmosfer varsayımlarıyla yıldız atmosferlerini ışınımsal ve hidrostatik denge içinde hesaplar. LTE' den ayrılma, seçilmiş atomik ve iyonik enerji düzeylerinin numaralarını ayarlama ve konveksiyon için izin verir. Programın yeni versiyonunun en önemli özelliklerinden biri, non-LTE çizgi örtüşmesi yaklaşımına tam tutarlılıkla izin vermesidir.

İkinci temel program SYNSPEC' tir. Bu program verilen model atmosferden ortaya çıkan tayfi hesaplar. TLUSTY kullanılarak hesaplanan model atmosferden tayfları sentezlemek için yazılmıştır. Fakat diğer model atmosferler de girdi olarak kullanılabilir (Kurucz, ATLAS modelleri). Program SYNSPEC tarafından üretilen tayfın dönme ve enstrümental profilini hesaplayan ROTINS tarafından tamamlanmaktadır.

2.2.1. TLUSTY kodunun derlenmesi

TLUSTY programının çeşitli sürümleri bulunmaktadır ve sürüm numaraları yanında rakam şeklinde belirtilir. Bu tez çalışmasında TLUSTY205 sürümü kullanılmıştır. Programı derlemek için gerekli içerik dosyaları şu şekilde sıralanır: IMPLIC.FOR, BASICS.FOR, ATOMIC.FOR, MODELQ.FOR, ITERAT.FOR, ARRAY1.FOR, ODFPAR.FOR, ALIPAR.FOR' dur. Bu içerik dosyaları alt programlar arasındaki bağlantıyı sağlar ve dosyalarda boyutu değiştirilebilir parametreler yer alır.

Programı derleyebilmek için dosya isimleri büyük harfle yazılmalı ve tlusty205.f kod dosyası ile aynı klasör içinde bulunmalıdır. TLUSTY versiyonu geliştikçe içerik dosyalarının içeriği de değişir. Kullanıcı klavuzunda bulunan bazı derleme kodları şu şekildedir:

```
g77 -fno-automatic [-O3] tlusty200.f
```

```
f77 -o tlusty200 tlusty200.f
```

```
pgf77 -fastsse -Wl,-Bstatic -o tlusty200 tlusty200.f
```

```
g77 -o3 -static -fno-automatic -o tlusty200 tlusty200.f
```

Bu derleme kodları dışında bizim kullandığımız derleme kodu:

```
gfortran -g -fno-automatic tlusty205.f -o tlusty205
```

<http://aegis.as.arizona.edu/~hubeny/pub/> web adresinden bu çalışmada kullanılan versiyonuna ulaşabilirsiniz. Kodu çalıştırmak için gerekli dosyalara ve data'lara <http://nova.astro.umd.edu/index.html> sayfasından ulaşabilirsiniz.

Dizi boyutları tanımlama parametreleri BASICS.FOR içerik dosyasında görülür. Model atmosferinizde kullanacağınız elementlerin geçiş sayılarına göre bu dosya içinde bulunan bazı parametreleri düzenleyip tekrar derlemeniz gerekecektir. Örneğin BASICS.FOR dosyasında bulunan MATOM parametresini kullanacağınız açık atom (popülasyonların istatistiksel denge denklemi çözümü ile belirlenen atomlar) sayısına göre artırmanız gerekmektedir ve yine aynı dosya içinde bulunan MLEVEL parametresini atomların maksimum geçiş sayısına göre düzenlemeniz gerekir. Eğer içerik dosyasında modelinize uygun geçiş sayısı ve atom sayısı verilmemişse kod çalışırken hata verip durdurulacaktır.

2.2.2 TLUSTY Kodunu Çalıştırma

Kodun derlenmesinden sonra, girdi dosyaları ile birlikte artık model atmosferinizi oluşturabilirsiniz. Öncelikle “.5” uzantılı girdi dosyanızı, “.7” uzantılı başlangıç model atmosferinizi, nst parametre dosyanızı (isteğe bağlı), data'larnızı ve derlediğiniz kodu aynı klasör içine alıp aşağıdaki komut ile çalıştırabilirsiniz:

- / tlusty200 < n25nl.5 > n25nl.6

Yukarıda verilen komutta n25nl.5 parametrelerin bulunduğu girdi dosyasıdır. Önemli olan “.5” uzantısıdır. n25nl kısmı isteğe bağlı olarak değiştirilebilir. “25” modelin sıcaklığını belirtirken “nl” modelin non-LTE olduğunu göstermektedir. n25nl.6 ise modelin sonunda verilen çıktı dosyasıdır ve yine önemli olan “.6” uzantısıdır. n25nl kısmı isteğe bağlı olarak değiştirilebilir. Modelin çalışması ile birlikte birçok çıktı dosyası oluşturulacaktır. Eğer bir disk modeli oluşturmak isteniyorsa fort.1 dosyası oluşturulup içine 1 yazılmalıdır. Eğer sıfır yazılırsa ya da hiç oluşturulmazsa program yıldız atmosfer modeli hesaplayacaktır.

Şimdi tek tek girdi parametrelerinin ayrıntılı tanımlamalarına bakalım. Standart girdi 4 temel bloktan oluşur:

1. Blok Temel Parametreler

TEFF = Etkin sıcaklık [K],

GRAV = $\log g$ [cm s^{-2}],

LTE veya NLTE (T T ise LTE hesaplanır, F F ise non-LTE hesaplanır)

'nst' isteğe bağlı parametrelerin değerlerini içeren dosya ismi olup en fazla 20 karakter olabilir.

2. Blok Frekanslar

Frekans noktaları program tarafından otomatik olarak ayarlanır ve bu blok genellikle sadece 1 satır içerir.

3. Blok Açık Atomlar

Bu blok NATOMS' un her bir element türü için MODE, ABN, MODPF parametrelerinin kayıtlarını içerir. Her bir kaydın sırası kesinlikle atom numarasını takip etmelidir (H, He, Li, Be, B, C, N, O, vb). Mevcut TLUSTY sürümlerinde şu an sadece 1-30 arası (H-Zn) atomlar hesaplanmaktadır.

4. Blok Açık İyonlar

Atomik ve iyonik parametreler için giriş bloğudur. Belirli bir elementin en yüksek iyonizasyon derecesi dahil her iyon için hesaplanabilir parametreleri içeren bir giriş kaydı vardır.

Şimdi örnek bir girdi dosyası üzerinden anlamaya çalışalım. $T_{\text{eff}} = 35.000 \text{ K}$, $\log g = 4$ olan, sadece H ve He' dan oluşan basit bir LTE model atmosferi, standart girdi dosyası şu şekilde kodlanarak TLUSTY kodu ile oluşturulabilir:

```
20000. 4.0      ! TEFF, GRAV
T T          ! LTE, LTGRAY
" "          ! name of file containing non-standard flags
*
* frequencies
*
```

```

50
*
* data for atoms
*
2          ! NATOMS
* mode abn modpf
  2 0 0
  2 0 0
*
* data for ions
*
*iat iz  nlevs  ilast  ilvlin  nonstd  typion  filei
*
  1 0  9  0  100  0  'H 1' 'h1.dat'
  1 1  1  1  0  0  'H 2' ''
  2 0 14  0  100  0  'He 1' 'he1.dat'
  2 1 14  0  100  0  'He 2' 'he2.dat'
  2 2  1  1  0  0  'He 3' ''
  0 0  0 -1  0  0  ' ' ''
*
* end

```

Buna karşılık gelen non-LTE model atmosfer ise LTE' ye benzer şekilde oluşturulur:

```

20000.4.0    ! TEFF, GRAV
F F         ! LTE, LTGRAY
'nst'       ! name of file containing non-standard flags
*
* frequencies
*
50
*
* data for atoms
*
8          ! NATOMS

```

```

* mode abn modpf
  2 0 0
  2 0 0
  0 0 0
  0 0 0
  0 0 0
  1 0 0
  1 0 0
  1 0 0
*
* data for ions
*
*iat  iz  nlevs  ilast  ilvlin  nonstd  typion  filei
*
  1  0  9  0  0  0  'H 1' 'h1.dat'
  1  1  1  1  0  0  'H 2'''
  2  0 14  0  0  0  'He 1' 'he1.dat'
  2  1  1  1  0  0  'He 2'''
  0  0  0  -1  0  0  '  '''
*
* end

```

Şimdi girdi dosyasında bulunan parametreleri daha ayrıntılı inceleyelim:

Dosyanın en başında temel parametreler yani T_{eff} ve $\log g$ bulunmaktadır. Bir alt kısımda “T T” modelin LTE olacağını gösterir. Burada T (true) anlamındadır. Eğer “F F” ise (false) model non-LTE hesaplanacaktır. Bu komutun altında “nst” görülmektedir ve kullanıcının isteğine bağlı ek parametre dosyasının olduğunu belirtir. “nst” olan kısım boş ise (LTE örneğinde olduğu gibi) program kendi standart parametreleri ile modeli hesaplar. Daha sonra frekans noktası kısmına 50-2000 aralığında bir sayı yazılmalıdır. NATOMS komutunun olduğu yere kullanılan atom sayısı yazılmalıdır. Eğer eksik veya fazla yazılırsa model çalışmayacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta non-LTE örneğinde görüldüğü gibi NATOMS=8 değerini almıştır. Modelinizi sadece H, He, C ve N elementleri ile oluşturmak istediğinizi varsayalım. Her bir kaydın sırasının kesinlikle atom numarasını takip etmesi gerektiğini belirtmiştik. Burda H ve C’ nu ele alalım. Bu elementlerin arasında atom numaralarına göre He, Li,

Be ve B elementleri bulunmaktadır. Modelinizde yer almasa da bunların kaydını oluşturmak zorundasınız. Yapmanız gereken “mode” bloğunu “0” olarak ayarlamak olacaktır. Çünkü mode sütunu 0 alınan elementler hesaplamaya dahil edilmez.

mode: Verilen elementin hesaplanma şeklinin belirtilmesi,

abn: Verilen elementlerin bolluk tanımlaması,

modpf: Verilen elementler için bölüşüm fonksiyonlarının değerlendirilmesi,

IATT: İyon türlerinin atom numarası (H:1, He:2, C:6 vb),

IZII: İyonun yükü (nötr için 0, 1 kez iyonize olmuşsa 1 gibi),

NLEVS: Açık kabul edilen enerji düzeylerinin sayısı,

ILAST: Verilen iyonun kabul edilen en yüksek iyonizasyon derecesine sahip olup olmadığını gösterir.

ILVLIN: Geçişler için ayrıntılı girişleri dikkate alınmadan, bağlı-bağlı bütün grup geçişlerinin uygulamalarının değiştirilmesinin bir göstergesi.

NONSTD: İyon için standart olmayan özel parametreleri değiştirmek için ek giriş kaydının göstergesidir. Bunlar, uygulamaların çoğunda en iyiyi sağlamak için varsayılan olarak program tarafından atanmıştır.

Kodun çalışması ile oluşturulan çıktı dosyaları:

Unit 6: Temel çıktı dosyasıdır. n25nl.6 olarak belirtilmiştir. Bu çıktı dosyasında temel girdi parametreleri, varsa hata tablolarını içerir ve her tablo açıklaması ile verilir.

Unit 7: Yoğun model atmosferin bulunduğu sıkıştırılmış model atmosferdir. Fort.7 olarak verilir. Herhangi bir tablo ve başlık içermez. Bu dosya sentetik tayf programı SYNSPEC için çok önemli bir girdi dosyası olarak kullanılır. SYNSPEC’ de kullanılacağı zaman fort.8 olarak kullanıcı tarafından değiştirilip SYNSPEC klasörüne aktarılmalıdır.

Unit 9: Logaritmik yakınsama dosyasıdır. Çıktı olarak Fort.9 şeklinde verilir. Çok önemli bir çıktı dosyasıdır ve kullanıcı programı çalıştırdıktan sonra dikkatle kontrol etmelidir. Dosya, doğrusallaştırmayı tamamlamanın her bir yinelemesi için,

sıcaklıklardaki göreceli değişikliklerin tablosunu, elektron yoğunluğunu, toplam parçacık yoğunluğunu, tüm popülasyonların maksimum göreceli değişikliklerini, radyasyonun tüm doğrusallaştırılmış ortalama yoğunluklarının maksimum göreceli değişikliklerini içermektedir. Dosyada hatanın hesaplanması şu şekilde olur: "*gerçek değer – öngörülen değer/gerçek değer*" . Sonuç olarak en son hesaplanan değer en az 10^{-4} olarak verilmişse modeliniz doğru hesaplanmış demektir. Yani yinelemelerin hepsi 10^{-3} ün altına düşmelidir.

Unit 10: Performans ve hata dosyası. Çıktısı fort.10 şeklindedir. Bu dosya birçok farklı altprogram tarafından oluşturulmuştur ve performans ile ilgili mesajlar içerir (logaritmik ivmelenme, ışınım denge denklemi bölümü optik derinlikleri tekrar hesaplama ve tüm mesajlar bir hata durumu oluştuğunda program tarafından yazdırılır). Bu hatalar, maksimum boyutların gerçek karşılıklarını kontrol ederken, tutarsız parametreler ile çeşitli rutinleri çağırırken, tam doğrusallaştırmadan uzaklaşma, ya da uyarılar, altprogram ELCOR' un yavaş yakınsaması, istatistiksel dengenin doğrusal olmayan sisteminin bir çözümü, yük koruma vb. şeklinde olabilir. Tüm mesajlar az ya da çok kendini açıklayıcıdır.

Unit 12: NLTE ayrılma katsayılarını içerir (fort.12). Dosyanın içeriği fort.7 dosyasına benzemektedir.

Unit 13: Dalga boyuna göre tüm frekans noktalarında ortaya çıkan akı dosyasıdır (fort.13).

Artık elimizde TLUSTY paket programı ile oluşturulmuş model atmosferler bulunmakta. Şimdi bu model atmosferlerden SYNSPEC paket programını kullanarak sentetik tayf oluşturmayı kısaca anlatalım:

SYNSPEC programı verilen model atmosferden ortaya çıkan akıyı hesaplar. TLUSTY kullanılarak hesaplanan atmosferden tayf sentezlemek için özellikle yazılmıştır. Program SYNSPEC tarafından üretilen tayfin dönme ve enstrümental profilini hesaplayan ROTINS tarafından tamamlanmaktadır. Bu programı kullanmak için oluşturduğumuz klasöre derlenmiş synspec49 kodunu, fort.8 dosyasını (TLUSTY' de fort.7 olarak oluşturulmuş yoğun model atmosfer), n25nl.5 olarak kullanılan TLUSTY parametre girdi dosyası, kullanıldıysa "nst" opsiyonel dosyası, SYNSPEC temel parametre dosyası fort.55 (bunu kullanıcının oluşturması ve fort.55 olarak

isimlendirmesi gerekiyor), çizgi listesi (fort.19) ve dataları aynı klasörde toplayıp terminale:

- / synspec49 < n25nl.5 > out.6 kodunu yazarak çalıştırabilirsiniz. Burada “out.6” yine kullanıcıya bağlı olarak değiştirilebilir, sadece uzantısı .6 önemlidir.

SYNSPEC programının çalışması ile birçok çıktı dosyası oluşacaktır. Ancak en önemlileri fort.7 ve fort.17’ dir.

Fort.7: En temel SYNSPEC çıktı dosyasıdır ve detaylı sentetik tayfi içerir. İstenilen aralıkta tüm dalga boyu noktalarına karşı akı vardır ve dalga boyuna karşı akı tablosu oluşturur.

Fort.17: Teorik süreklilik için akı oluşturur.

Fort.7 ve fort.17 dosyaları ROTINS programı ile normalize edilir.

<http://nova.astro.umd.edu/Synspec49/synspec.html> web sitesinden gerekli datalara, çizgi listesine ve kullanıcı kılavuzuna ulaşabilirsiniz. Aşağıda örnek olarak SYNSPEC için temel parametre dosyası olan fort.55 dosyası verilmiştir. SYNSPEC ana sayfasında bir örneği bulunmadığı için verilmesinin faydalı olacağını düşünüyoruz.

Fort.55 dosyasının içeriği:

```

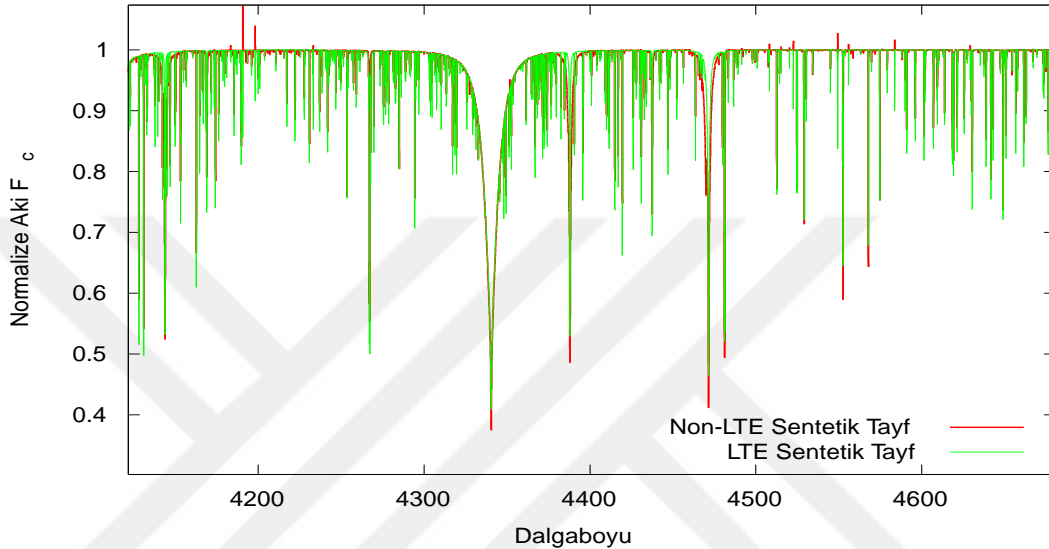
0  36  0
1  0  0  1
0  0  0  0  0
1  1  0  0  0
2122 25 26
4000 6500 10 0 0.000100000 0.0100000
0  0
2

```

Yukarda görüldüğü gibi bu dosya 8 satır ve 6 sütundan oluşmaktadır. Parametreleri hangi varsayımlarla hangi değer aralığında alacağınız SYNSPEC kullanıcı kılavuzunda anlatılmaktadır ancak birinci satır ikinci sütunda bulunan IDSTD parametresi yeterince anlatılmamıştır. Bu sebepten dolayı bu parametrenin açıklaması aşağıda verilmiştir:

IDSTD: Standart derinlik indeksi olarak tanımlanmıştır (çizgi merkezindeki derinliğin 2/3 e yaklaştığı derinlik noktası). Bu parametre TLUSTY model atmosferinden elde

edilen “.6” uzantılı çıktı dosyasına bakarak belirlenmektedir. Sıcaklığın olduğu sütunda modele girdi olarak verdiğiniz yüzey sıcaklığına (örn 20000 K olsun) en yakın yüzey sıcaklığının olduğu katman (örn. 19998.7 olsun) sizin IDSTD parametrenizi belirleyecektir (yukarıda verilen örnekte bu parametre “36” olarak belirlenmiştir).



Şekil 2.1. $T_{\text{eff}} = 20000$ K, $\log(g) = 4.0$ olan UCLSYN programı ile elde edilmiş LTE sentetik tayf ve TLUSTY programı ile elde edilmiş olan non-LTE sentetik tayf örneği.

Elde ettiğimiz sentetik (teorik) tayflarla gözlemsel tayflarımız arasında gerekli programlar aracılığıyla interpolasyon yaparak yıldızımızı en iyi açıklayan yaklaşık T_{eff} , $\log g$ gibi temel parametreler hesaplanmıştır.

Bir yıldızın atmosferine ilişkin kimyasal bolluk hesabı için ilk önce atmosfer parametrelerinin (T_{eff} , $\log(g)$, $[Fe/H]$) hassas bir şekilde belirlenmesi gerekir. Oluşturulacak teorik modellerin temeli bu üç parametrenin, yani yüzey sıcaklığı ve çekim ivmesinin güvenilirliğine dayanmaktadır. Gözlem ve analiz tekniklerinin gelişmesi, farklı yöntemlerle atmosfer parametrelerinin hesaplanmasına imkan vermektedir. Yıldızın atmosfer parametrelerini belirleyebilmek için Hidrojen çizgilerinin kanatları ideal belirteçlerdir. Çünkü hidrojen çizgilerin kanatları sıcaklık ve $\log g$ değerlerinin değişimine çok duyarlıdır ve non-LTE’den etkilenmez [33]. Çizginin merkezi ise non-LTE’den etkilendiğinden LTE modelleri ile uygun kalibrasyon yapılamamaktadır.

2.2.3 STARFIT

STARFIT, genetik algoritma temelli bir interpolasyon kodudur. Bu kod gözlemsel tayfa hazır gridlerden teorik modellerle interpolasyon yapar. Söz konusu hazır gridler Tlusty non-LTE ve Kurucz gridleridir. STARFIT' in bir önceki sürümü GENFIT kodudur [41]. GENFIT kodu V. Kolbas ve ark., [3] tarafından bazı değişiklikler ve düzeltmeler yapılarak STARFIT olarak güncellenmiştir. Kod öncelikle teorik tayfları okuyarak ve o teorik tayfları Genetik Algoritma yardımıyla interpolate ederek gözlemsel tayfa uygulamaktadır. Bu optimizasyon rutini, Charbonneau' nun [42] PIKAIA programından esinlenerek genetik algoritma uygulamaktadır.

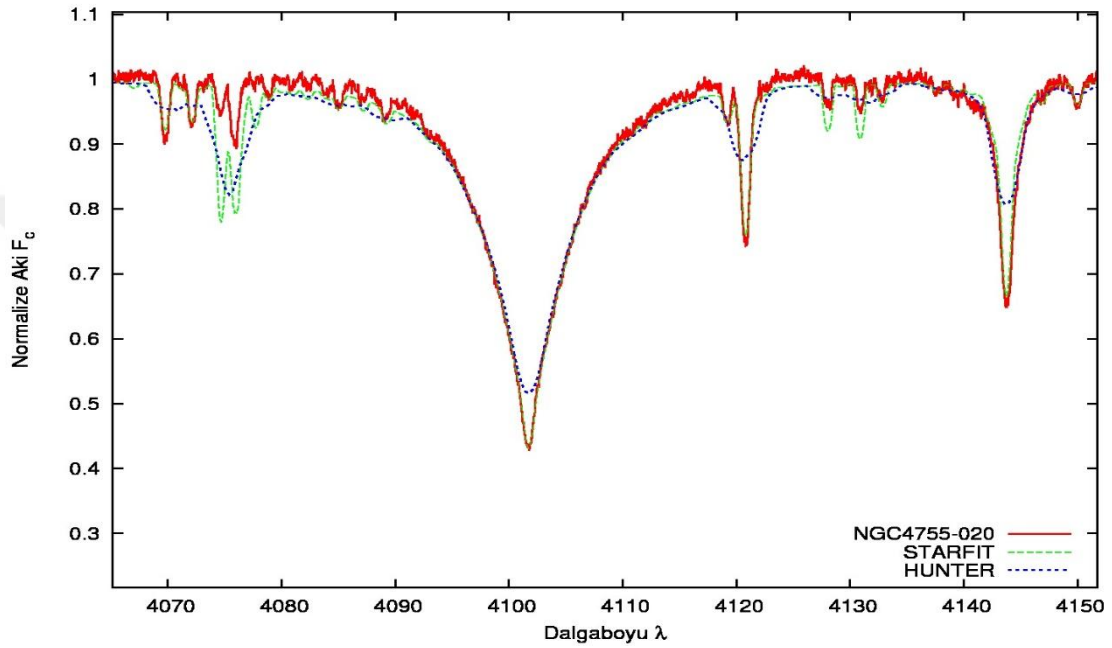
Genetik Algoritma: Charles Darwin' in doğal seçim yoluyla biyolojik evrim düşüncesinden esinlenmiştir. Temel olarak küresel (genel) çözümü evrimleştirerek bir optimizasyon problemini çözmeyi hedefler. Başlangıç tamamen rasgele tahminler seti ile başlar ve evrim bir model çerçevesinde gerçekleşir. Bireysel parametreler genetik yapıtaşları olarak kullanılır ve hesaplama ortamına aktarılır. Çözüm, rasgele parametre setinden yola çıkarak ilk adımını gerçekleştirir ve bu parametre seti için uygunluk fonksiyonu (fitness) hesaplar. Yüksek bir uyum, parametre setinin yeniden üretilmesi için seçilme ihtimalinin yüksek olduğunu gösterir. Dolayısıyla uygunluk fonksiyonuna göre seçilmiş yeni parametre seti, genetik materyalini yeni nesillere aktaracaktır. Bu çözümlerlerin daha iyi sonuçlar vermesi için Genetik Algoritma iki operatör kullanmaktadır. Bunlardan biri crossover, diğeri ise mutasyondur. Bu operatörler, parametre değerini direk değiştirmeyi ortadan kaldırarak parametre setleri arasında uygun parametrelerin korunmasını sağlamaktadır. Sonuç olarak Genetik Algoritma, yerel çözümden çıkarak genel çözüme ulaşmayı sağlamaktadır [43].

STARFIT programının işleyişini biraz daha anlatırsak:

Koda gerekli sıcaklık, $\log g$, dönme hızı ve radyal hız aralıkları (yani parametre aralığı) verilir. Kod çalıştığında verilen değerlerden bir parametre dizisi oluşturulur ve bu parametre dizilerinin genel adı entities olarak bilinir. Oluşturduğu parametre dizilerinin her birini tayfa interpolate edip aralarından en iyilerini fitness fonksiyonu uygulayarak seçer ve bir jenerasyonu tamamlar. Sonra fitness fonksiyonuna göre seçtiği en iyi parametre dizilerini alıp bu işlemleri tekrarlar ve bir jenerasyon daha oluşturur. Süreç,

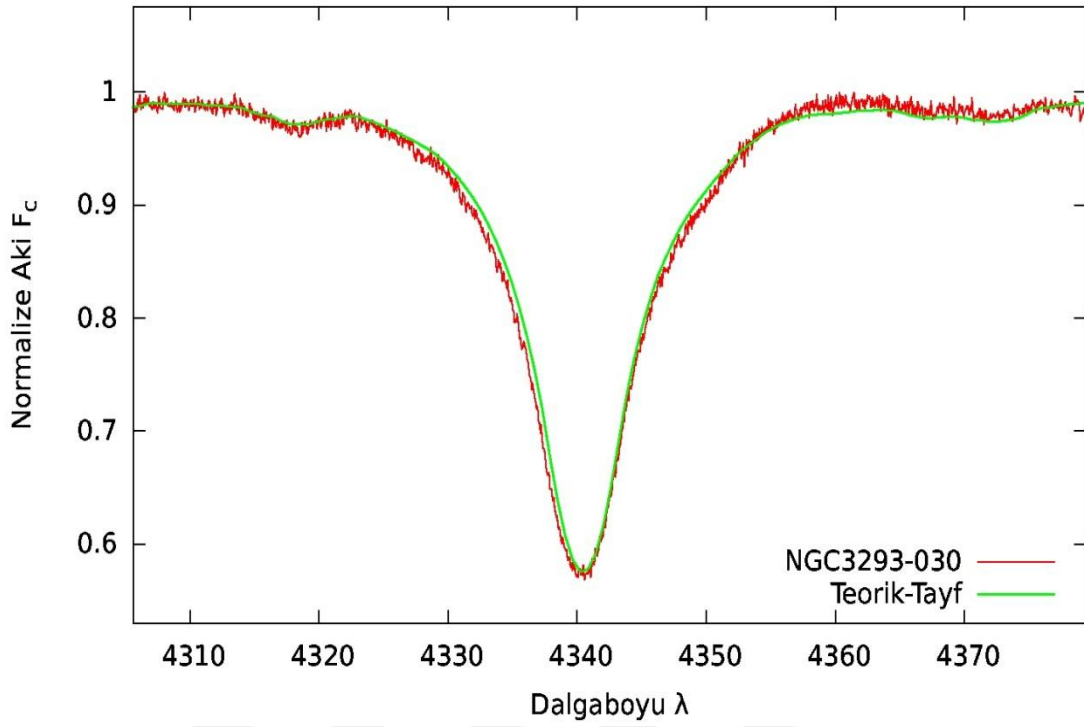
verilen jenerasyon sınırına kadar devam eder ve jenerasyon bittiğinde kod en iyi parametre setini bulmuş olur.

Tayf analizlerinde parametre dizisi en az 100 seçilmelidir. Verilen aralıkta 100 tane parametre dizisi oluşturulur, gözlem tayfıyla karşılaştırılır, aralarından en iyi olanları χ^2 ile seçilir ve süreç verilen jenerasyon sınırına kadar devam eder.

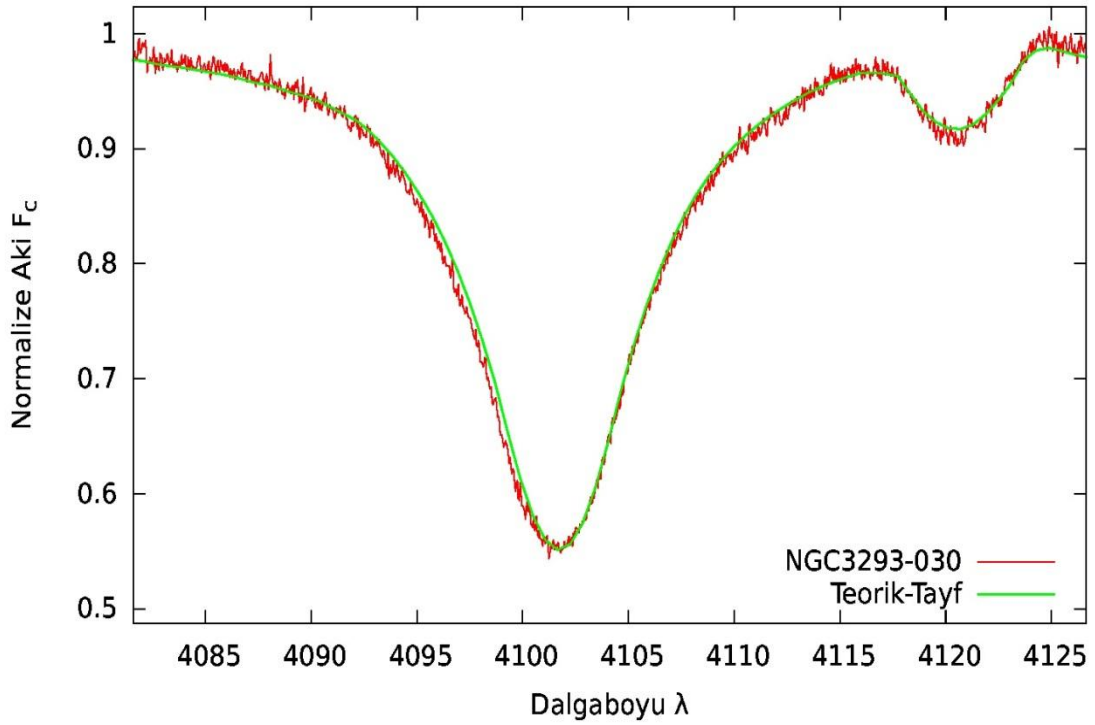


Şekil 2.2. NGC4755 açık yıldız kümesine ait $T_{\text{eff}} = 19800$ K, $\log(g) = 3.8$ dex olarak belirlenen NGC4755-020 kodlu B türü yıldızın STARFIT ile elde edilen teorik model ve Hunter ve ark., belirledikleri teorik model.

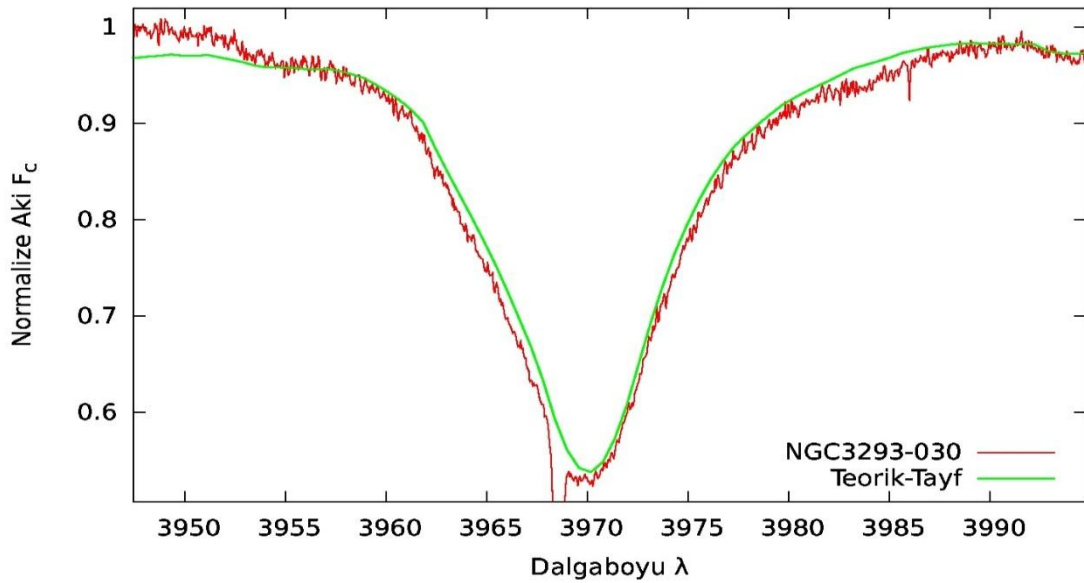
Şekil 2.2’ de gözlem tayfına uygulanan fitlere bakıldığında STARFIT ile belirlenen teorik tayfın Hunter ve ark., [44] belirledikleri teorik tayfa göre çok daha uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 2.3. NGC3293 açık kümesine üye 30 nolu yıldızta ait $T_{\text{eff}} = 20200$ K, $\log g = 3.8$ dex olarak belirlenen H δ (4340 Å) fiti.

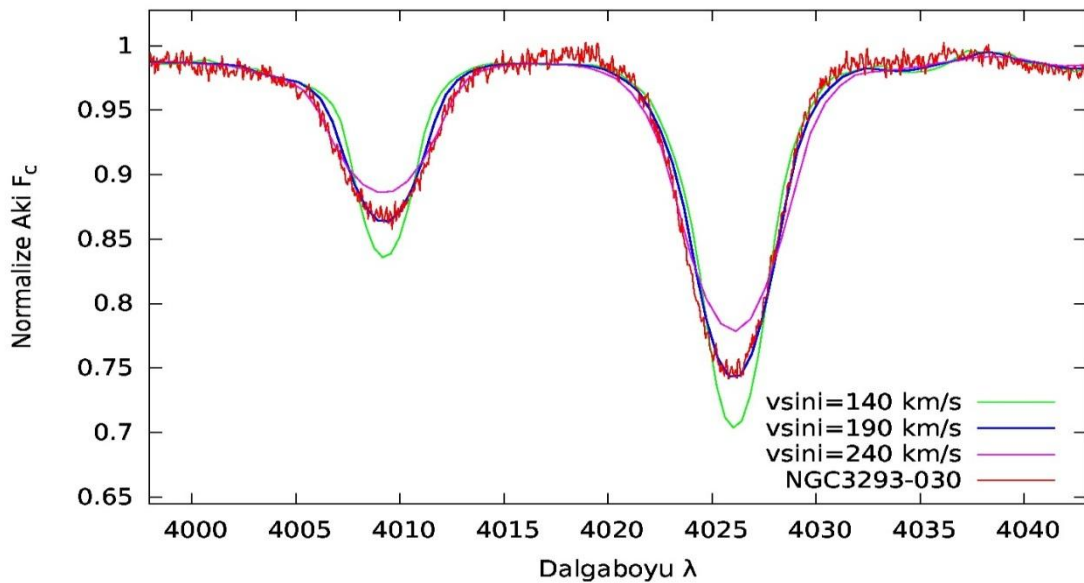


Şekil 2.4. NGC3293 açık kümesine üye 30 nolu yıldızta ait $T_{\text{eff}} = 20200$ K, $\log g = 3.8$ dex olarak belirlenen H γ (4100 Å) fiti.



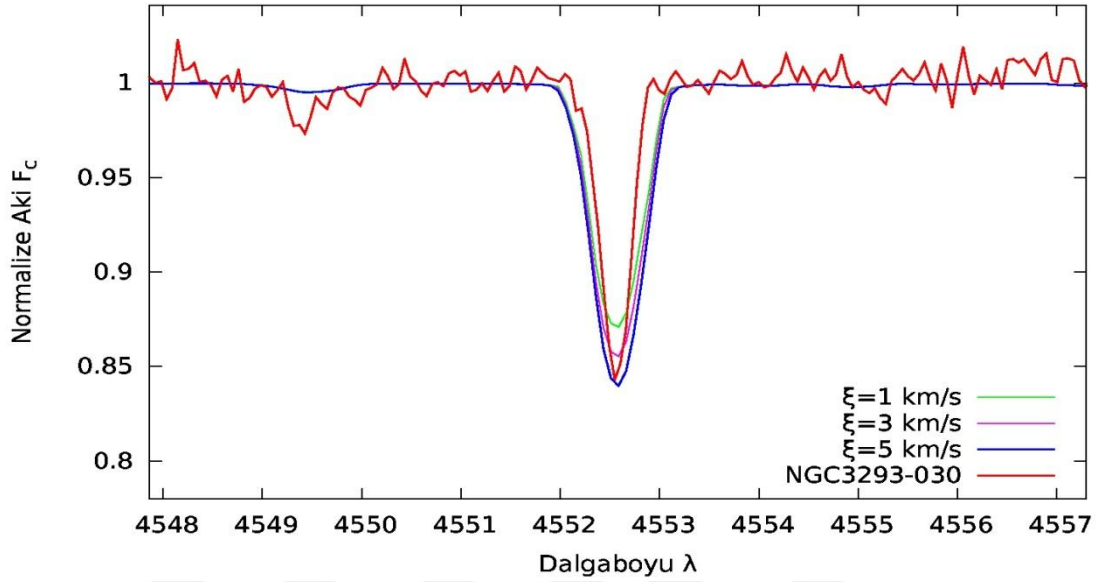
Şekil 2.5. NGC3293 açık kümesine üye 30 nolu yıldızın $T_{\text{eff}} = 20200$ K, $\log g = 3.8$ dex olarak belirlenen H ϵ (3970 Å) fiti.

NGC3293-030 yıldızına ait STARFIT kodu ile bulunan parametreler: $T_{\text{eff}} = 20200$, $\log g = 3.8$ dex, $v_{\text{sin } i} = 190$ km/s, $r_v = -8$ km/s olarak Hidrojenin üç ayrı çizgisine ayrı ayrı fitlenerek elde edilmiştir. Kullanılan FLAMES tayflarının dalga boyu 3800 Å - 4800 Å aralığındadır ve bu tayflarda H δ , H γ ve H ϵ çizgileri, fitleme için en uygun çizgilerdir. Küme yıldızlarının T_{eff} ve $\log g$ parametreleri H δ , H γ ve H ϵ çizgilerine uygulanan fitlerle belirlenirken, dönme hızları ise He (4000-4300 Å) şiddetli çizgilerine uygulanan fitler ile belirlenmiştir.

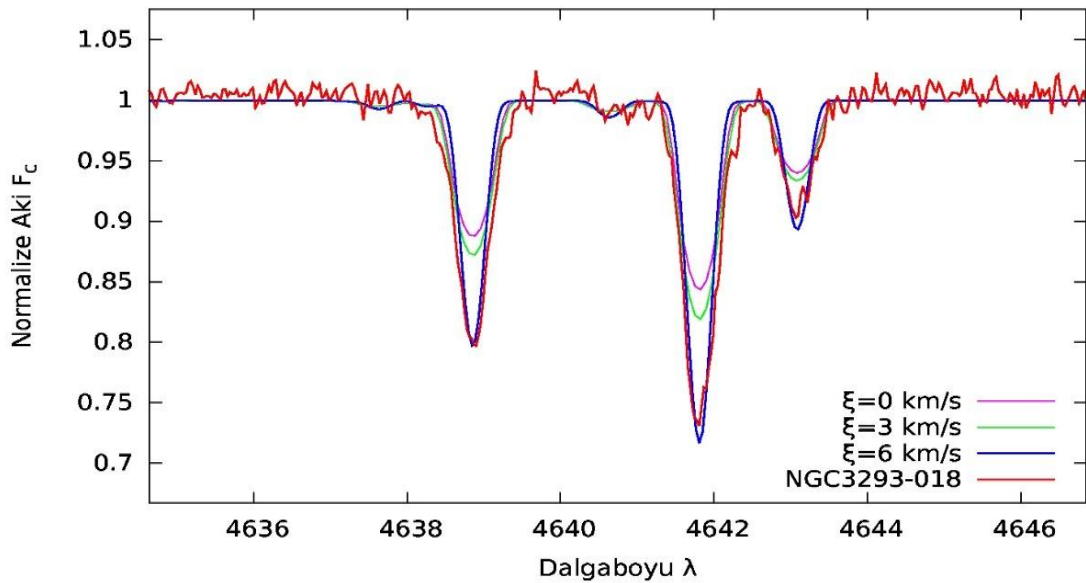


Şekil 2.6. NGC3293-030 yıldızı için $v_{\text{sin } i} = 190$ km/s olarak belirlenen örnek He 4026 Å ve He 4009 Å fiti.

Mikrotürbülans (ξ) parametresi, yıldızların FLAMES tayflarında en şiddetli görülen Silikon ve Oksijen fitleriyle belirlenmiştir. Silikon için; Si III 4480-4580 Å aralığındaki çizgiler kullanılırken, Oksijen için; OII 4570-4740 Å aralığındaki çizgiler kullanılmıştır.

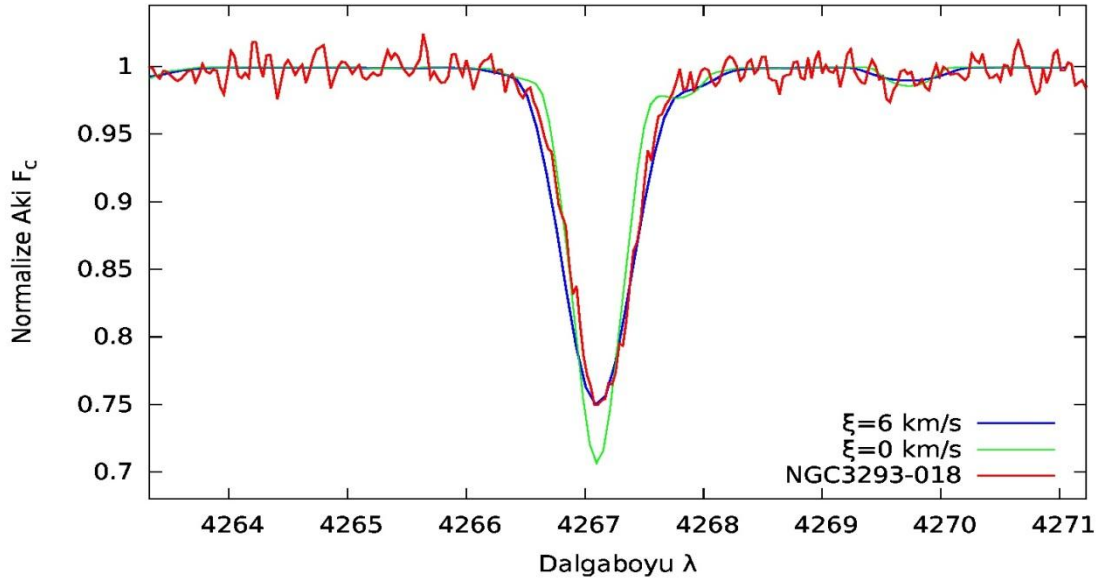


Şekil 2.7. Hassas mikrotürbülans ayarı için 4480-4580 Å aralığında bulunan örnek Si III 4552 Å fiti. Gözlem tayfına en uygun mikrotürbülans değeri $\xi = 5$ km/s olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.8. NGC3293 açık yıldız kümesine ait NGC3293-018 B türü yıldızın OII 4570-4740 Å aralığındaki örnek OII 4638/4641 Å çizgilerine ait fit. Bu yıldızta ait en uygun mikrotürbülans değeri $\xi = 6$ km/s olarak belirlenmiştir.

Elde edilen hassas atmosferik parametreler ile artık gözlemsel tayflara ait C II 4267 çizgilerinin bolluğunu SYNPLOTT paket programı ile belirleyebiliriz.



Şekil 2.9. $\xi = 6$ km/s olarak belirlenen NGC3293 açık yıldız kümesine ait NGC3293-018 B türü yıldızın C II 4267 Å çizgisi ve teorik fiti.

Şekil 2.9' da aynı sıcaklık ve aynı log g parametreleri ile ($T_{\text{eff}} = 23300$, $\log g = 3.8$), farklı mikrotürbülans değerleri için CII 4267 Å çizgisinin bolluğu belirlenmiştir. Verilen farklı mikrotürbülans değerlerinde şekil 2.9 da görüldüğü gibi bolluk fitleri farklı oluşmuştur. NGC3293-018 yıldızının SYNPLOTT programı ile belirlenen $\xi = 6$ km/s değeri için $\log(\epsilon)$ CII 4267 = 8.2 olarak belirlenmiştir.

NGC 3293, NGC 4755 ve NGC 6611 Galaktik açık yıldız kümelerinden seçilmiş 50 yıldızın belirlenen atmosferik parametreleri ve C II 4267 bollukları Tablo 3.1' de verilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

Bu tez çalışmasında, non-LTE teorik tayfları ile VLT-FLAMES' den alınan gözlemsel tayflara için elde edilen model parametreleri aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 3.1. NGC3293, NGC4755 ve NGC6611 açık yıldız kümelerine ait 50 adet B tayf türü yıldızın STARFIT kodu kullanılarak elde edilmiş atmosfer parametreleri ve SYNPL0T programı ile elde edilen C II 4267 Å çizgisinin bollukları bulunmaktadır.

YILDIZ	Teff (K)	log g (dex)	ξ_{vt} (km/s)	v sin i (km/s)	rv (km/s)	log(ϵ) CII4267Å
NGC3293-001	26000	3	7	89	-5	7,9
NGC3293-002	22900	3	10	80	-7	7,8
NGC3293-004	24000	3,2	7	99	-16	8,2
NGC3293-006	21600	3,1	5	205	-11	7,6
NGC3293-007	24000	3,2	10	41	-14	8,21
NGC3293-010	22000	3,3	10	45	-17	8
NGC3293-012	23400	3,7	6	68	-22	8
NGC3293-016	18500	4	1	114	-10	8,4
NGC3293-018	23300	3,8	5	24	-5	8,2
NGC3293-023	21400	3,6	1	171	-8	8
NGC3293-025	21300	3,8	5	220	-12	8,1
NGC3293-026	22300	3,7	1	30	-20	8,4
NGC3293-028	19800	3,7	1	228	-8	7,9
NGC3293-030	20200	3,8	5	196	-8	8
NGC3293-031	19700	3,8	2	243	1	7,9
NGC3293-034	23200	3,7	0	43	-13	8,4
NGC3293-035	20800	3,9	2	253	-4	8,2
NGC3293-037	20500	3,9	2	72	-11	8,45
NGC3293-038	19100	3,8	1	230	-13	8.35
NGC3293-041	18800	3,8	1	206	-11	8.38
NGC3293-043	18220	4,1	1	25	4	8.46
NGC3293-047	18200	3,9	1	168	-14	8.4
NGC3293-062	16900	4,1	3	30	-50	8.42

NGC3293-063	15500	4,1	9	125	0	8,4
NGC3293-048	19040	4	5	190	-10	8,2
NGC3293-049	17400	4,1	7	119	-13	8,3
NGC4755-020	19800	3,8	2	40	-29	8,42
NGC4755-006	21900	3,1	5	98	-17	7,6
NGC4755-015	21500	3,6	4	48	-20	8
NGC4755-017	19600	3,9	5	77	-18	8,2
NGC4755-022	18700	3,7	5	300	-21	7,8
NGC4755-023	19100	3,9	5	126	-30	8,3
NGC4755-025	18300	3,8	7	235	-25	8,2
NGC4755-026	17500	3,8	6	233	-20	8
NGC4755-027	17800	3,8	0	230	-19	8,1
NGC4755-029	18850	4	0	130	-21	8,3
NGC4755-032	17350	3,9	0	199	-17	8
NGC4755-033	16500	4	6	68	-23	8,4
NGC4755-036	17400	3,8	3	325	-26	8,2
NGC4755-037	18250	4	3	190	-22	8,4
NGC4755-040	18930	3,9	2	60	-25	8,4
NGC4755-048	17000	4	6	50	-25	8,4
NGC4755-052	16100	4	3	165	-22	8
NGC4755-054	16300	3,6	6	56	-26	8,2
NGC6611-012	25700	3,9	2	96	25	8,2
NGC6611-025	24560	4	0	96	14	8,2
NGC6611-030	19625	3,8	3	18	44	8,4
NGC6611-042	23000	4	2	146	24	8,2
NGC6611-063	21100	4	3	98	15	8,2
NGC6611-066	20500	4,2	3	80	-40	8,4

Tablo 3.1’ de NGC3293, NGC4755 ve NGC6611 açık yıldız kümelerine ait bu tez çalışmasında elde edilen verilere karşılık, aşağıda (tablo 3.2) Hunter ve arkadaşlarının [44] yaklaşık 50 B türü yıldızın yüksek çözünürlüklü FLAMES tayflarından elde ettikleri analiz sonuçları verilmiştir. Hunter ve ark., bu tez çalışmasında olduğu gibi Tlusty non-LTE model atmosfer kodunu kullanarak, her yıldızın atmosferik parametreleri ve fotosferik bolluklarını belirlenmişlerdir [44].

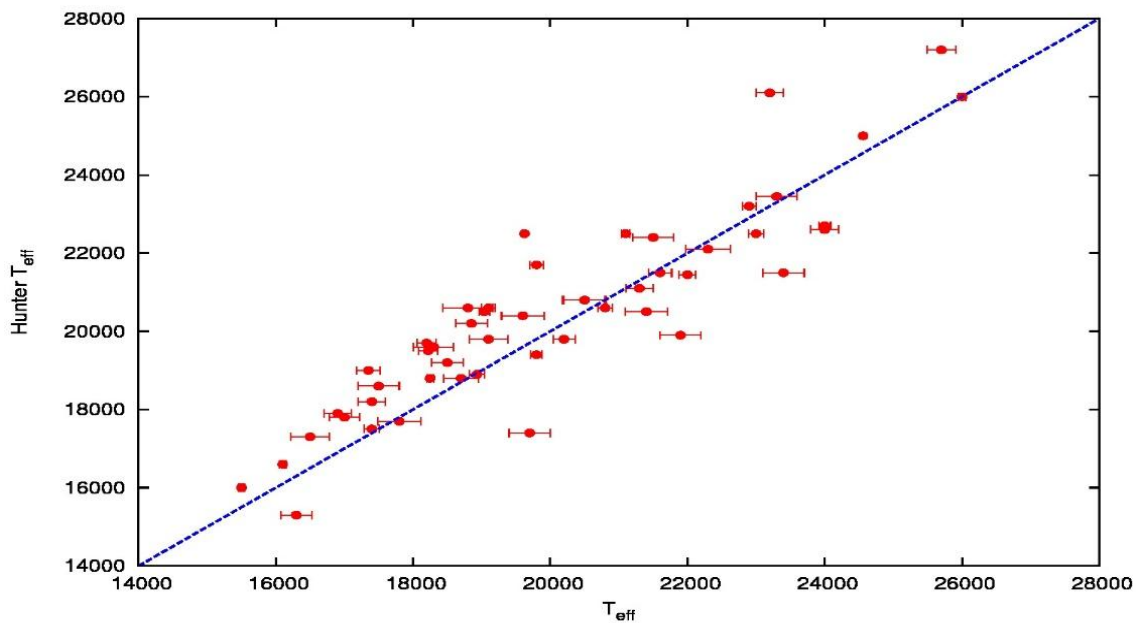
Tablo 3.2. Hunter ve arkadaşları tarafından belirlenen NGC3293, NGC4755 ve NGC6611 kümelerine ait 50 B türü yıldızın atmosferik parametreleri.

STAR	Teff (K)	log g (dex)	ξ_{vt} (km/s)	v sin i (km/s)	rv (km/s)	log(ϵ) CII4267Å
NGC3293-001	26000	3.05	7	89	0	8.01±0.34
NGC3293-002	23200	2.8	15	100	-7	8.10±0.22
NGC3293-004	-	-	-	-	-	-
NGC3293-006	21500	3.15	15	200	-21	7.81±0.23
NGC3293-007	22600	3.1	11	65	-8	8.13±0.22
NGC3293-010	21450	3.2	11	70	-16	7.85±0.21
NGC3293-012	21500	3.3	11	100	-28	7.86±0.17
NGC3293-016	19200	4	1	110	-14	8.13±0.29
NGC3293-018	23450	3.75	6	26	-7	7.96±0.16
NGC3293-023	20500	3.4	6	160	-10	7.72±0.25
NGC3293-025	21100	3.7	5	215	-18	7.84±0.43
NGC3293-026	22100	3.65	2	30	-21	8.03±0.26
NGC3293-028	19400	3.65	7	215	-10	7.69±0.33
NGC3293-030	19800	3.7	4	205	-7	7.86±0.27
NGC3293-031	17400	3.45	12	230	-7	7.66±0.33
NGC3293-034	26100	4.25	-	35	-16	8.28±0.21
NGC3293-035	20600	3.8	5	250	-9	7.92±0.25
NGC3293-037	20800	3.95	3	70	-12	7.99±0.18
NGC3293-038	20600	3.95	1	235	-13	8.16±0.26
NGC3293-041	20600	4.0	0	205	-12	8.34±0.27
NGC3293-043	19500	4.05	-	14	0	7.94±0.24
NGC3293-047	-	-	-	-	-	-
NGC3293-062	17900	4.2	1	24	-62	8.07±0.27
NGC3293-063	-	-	-	-	-	-
NGC3293-048	20500	4.05	0	180	-12	7.72±0.28
NGC3293-049	18200	4.05	0	125	-18	7.70±0.20
NGC4755-020	21700	3.95	1	120	-27	8.22±0.21
NGC4755-006	19900	2.95	17	100	-20	7.66±0.14
NGC4755-015	22400	3.7	5	48	-18	7.90±0.22
NGC4755-017	20400	3.9	3	75	-15	8.04±0.28
NGC4755-022	-	-	-	-	-	-
NGC4755-023	19800	3.95	1	120	-26	8.17±0.22
NGC4755-025	-	-	-	-	-	-
NGC4755-026	18600	3.95	6	205	-15	8.08±0.32
NGC4755-027	-	-	-	-	-	-
NGC4755-029	20200	4.0	0	120	-19	8.21±0.34
NGC4755-032	-	-	-	-	-	-
NGC4755-033	17300	3.85	6	75	-19	8.07±0.32
NGC4755-036	-	-	-	-	-	-
NGC4755-037	-	-	-	-	-	-
NGC4755-040	18900	4.10	2	65	-20	8.29±0.39
NGC4755-048	17800	3.95	4	55	-20	8.22±0.32
NGC4755-052	-	-	-	-	-	-

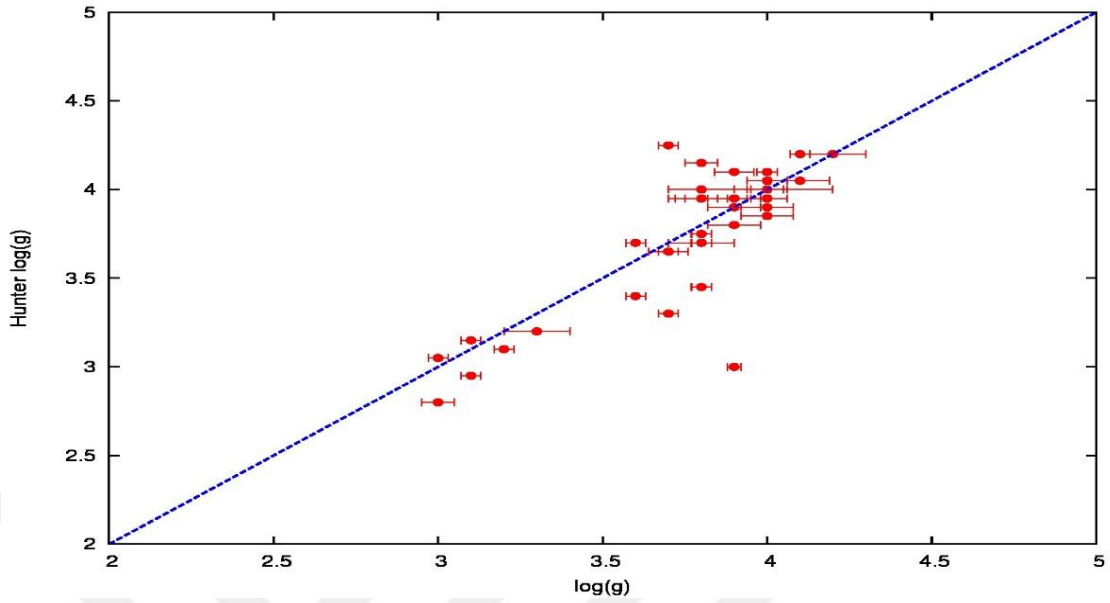
NGC4755-054	-	-	-	-	-	-
NGC6611-012	27200	3.9	5	95	14	8.19±0.24
NGC6611-025	25000	4.1	0	95	8	8.19±0.33
NGC6611-030	22500	4.15	1	10	42	8.35±0.21
NGC6611-042	22500	3.9	4	155	14	8.03±0.16
NGC6611-063	22500	4.0	2	95	7	8.19±0.22
NGC6611-066	20800	4.2	-	80	-50	8.18±0.26

Dufton ve ark., [45] da yapmış oldukları çalışmada üç galaktik küme; NGC3293, NGC4755 ve NGC6611 için VLT-FLAMES spektroskopisinin bir analizini sunmuşlardır. Çalışmalarında bu yıldızların non-LTE model atmosfer hesaplamalarını TLUSTY/SYNSPEC paket programlarını kullanarak yapmışlardır. Etkin sıcaklıkları ve yer çekim ivmelerini tahmin etmek için ise Hidrojen çizgilerini kullanmışlar ve öngörülen dönme hızlarını, Helyum çizgilerinden (hızlı dönen yıldızlar için) veya metal çizgilerinden (yavaş dönenler için) hesaplamışlardır. Dufton ve ark., çalışmalarında NGC6611 kümesinin diğer iki kümeden daha genç olduğunu ve ortalama dönme hızlarının diğer iki kümeye oranla daha az olduğunu belirlemiştir.

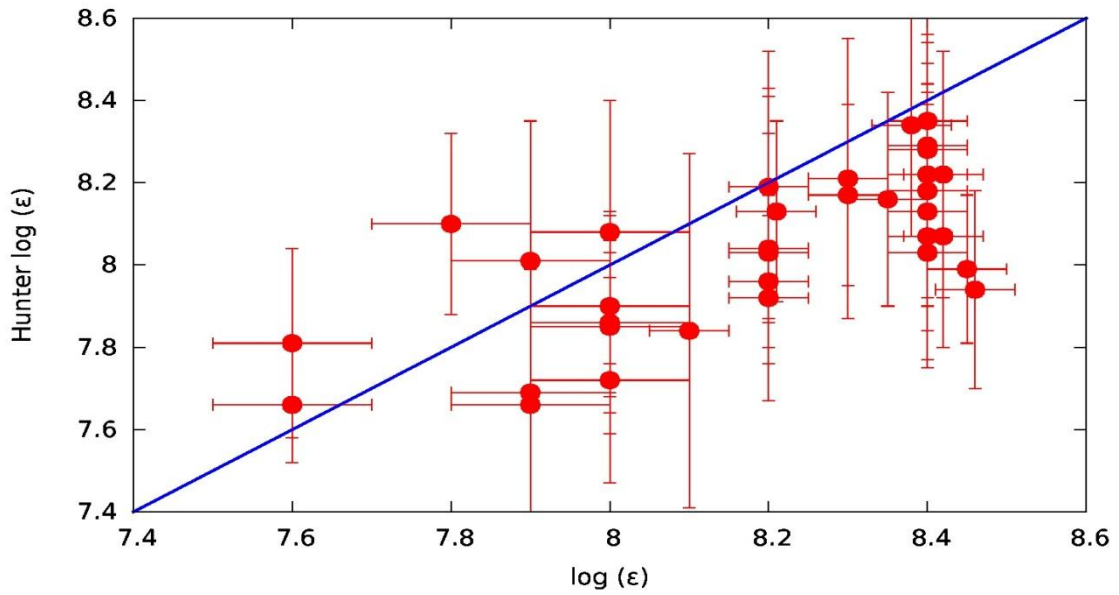
Aşağıda şekil 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5’ te bu tez çalışmasında içerilen 50 adet B tayf türü yıldızın T_{eff} , $\log g$, $v \sin i$, EW (CII 4267 Å), $\log \epsilon$ (CII 4267 Å), değerlerine karşılık Hunter ve arkadaşları [44] tarafından aynı küme yıldızları için belirlenen parametreler ve bolluk değerleri için dağılım grafikleri verilmiştir:



Şekil 3.1. Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen T_{eff} değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

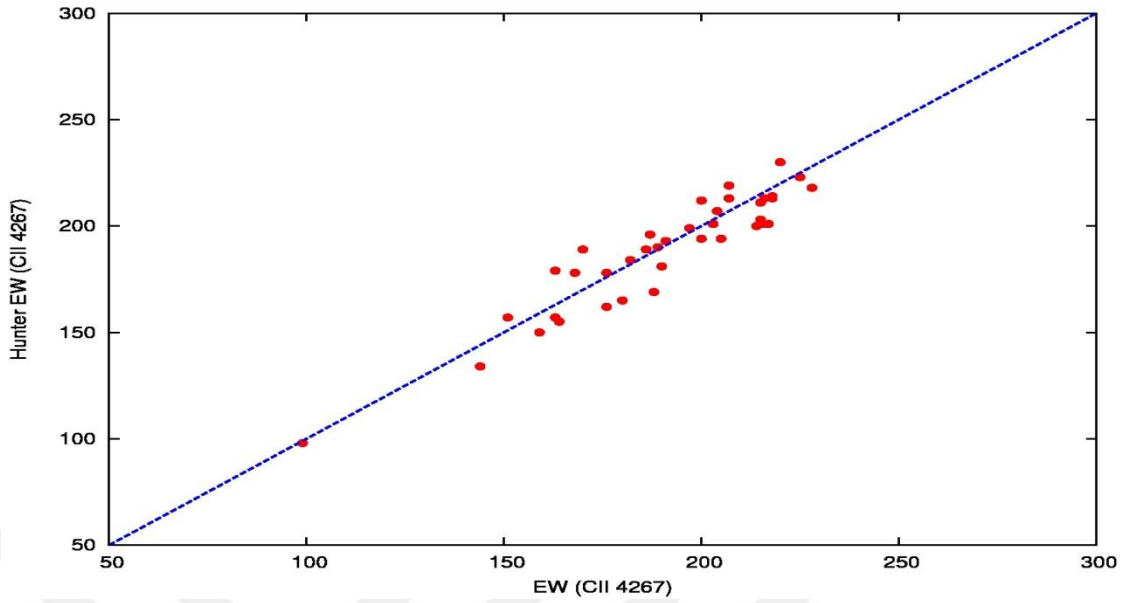


Şekil 3.2. Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen $\log(g)$ dex değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.



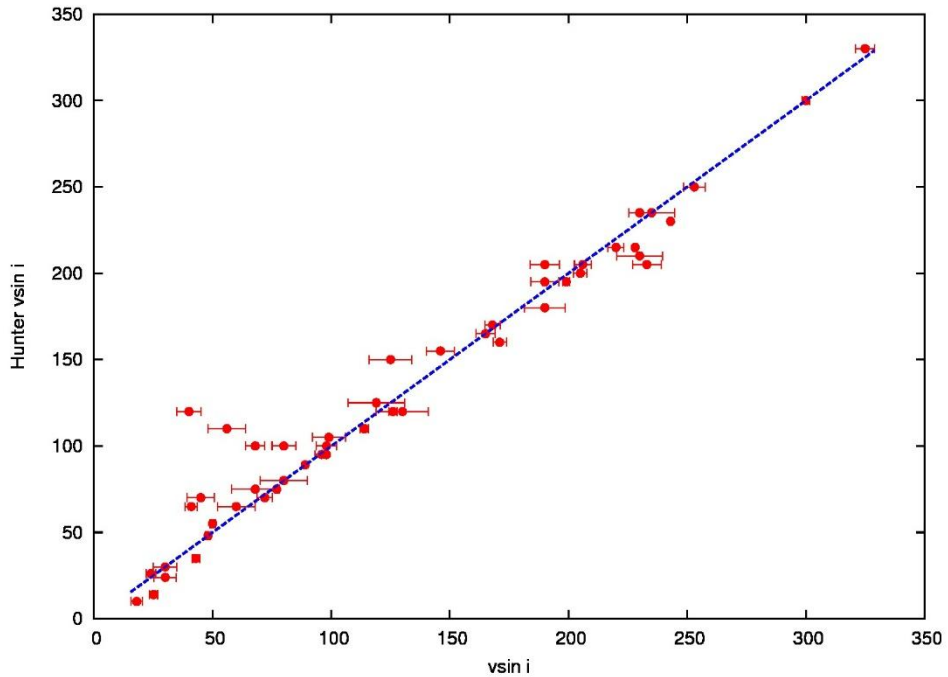
Şekil 3.3. Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen $\log \epsilon$ (CII 4267 Å) bolluk değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Şekil 3.3' te bu tez çalışmasında bulunan bolluk değerlerinin $[C/H]$ Hunter' ın bulunduğu $[C/H]$ değerlerine kıyasla güneş bolluğuna daha yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 3.4. Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen EW ölçüm değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

UCLSYN programı [46] eşdeğer genişliklerin ölçümü ve bolluk belirlenmesi için ideal bir programdır. Bu program, Kurucz modellerini kullanarak LTE tayflar üretmekte ve verilen gözlemsel tayfınıza eşdeğer genişlik fiti uygulamaktadır.



Şekil 3.5. Bu grafikte, bu tez çalışmasında ve Hunter (2011) çalışmasında belirlenen vsin i değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

4. BÖLÜM

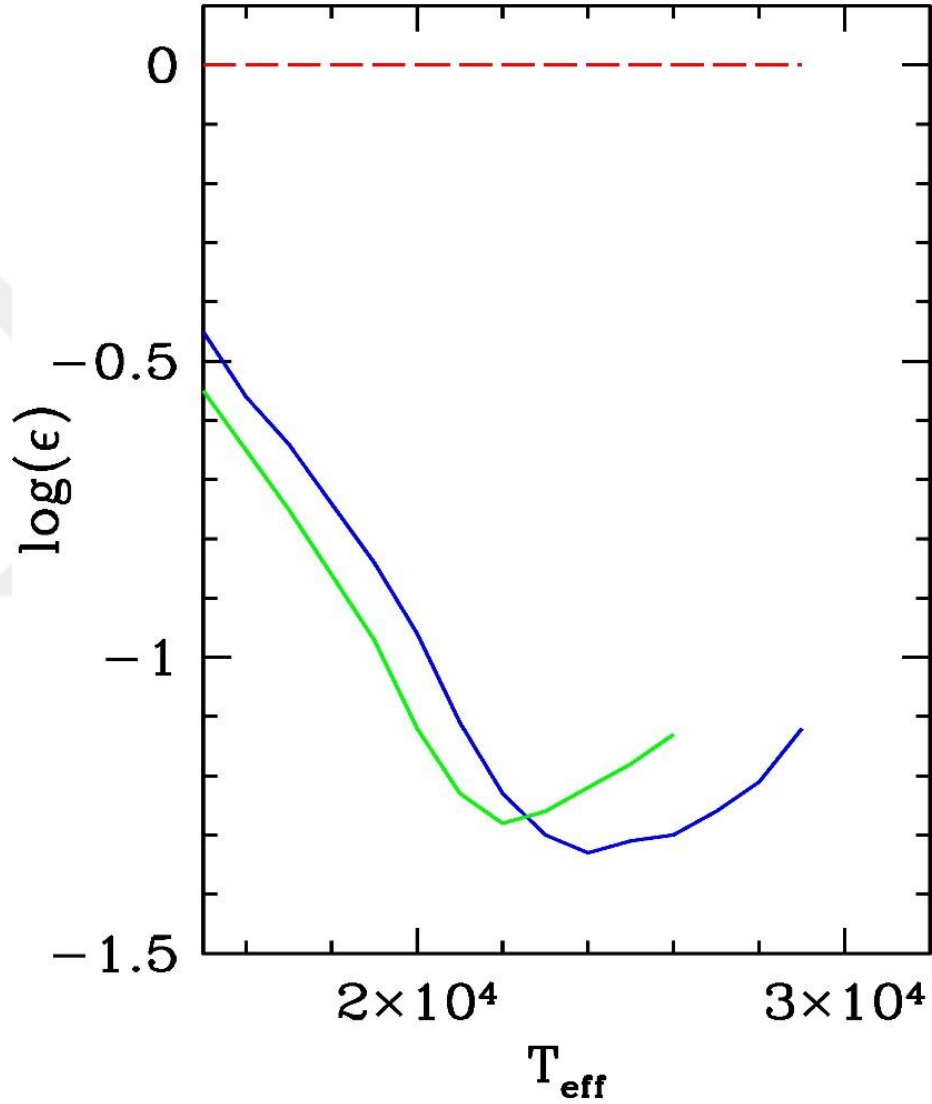
TARTIŞMA VE SONUÇ

Bilindiği gibi Yıldızların merkezinde gerçekleşen nükleer tepkimeler, yıldızın kütlesine göre farklı mekanizmalarla gerçekleşmektedir. Orta ve büyük kütleli yıldızlarda baskın olarak Karbon-Azot-Oksijen (CNO) çevrimi görülür. Bu çevrim sırasında CNO elementleri katalizör olarak kullanılır. Tepkimenin gerçekleşebilmesi için öncelikle yıldız içerisinde CN dengesi sağlanmalıdır. Denge koşulları sağlanırken C miktarında azalma, N miktarında ise artma görülür. Ancak toplam bolluklarda bir değişim olmaz [10]. CII 4267/6578/6582 Å çizgileri, tayfta kendini gösteren en baskın çizgilerdir. Ancak bu çizgiler elektronik geçişlerden dolayı tayfta doublet (ikili) veya multiplet (çoklu) çizgiler halinde görülürler [4], [5]. Bu sebepten dolayı yapılan tayf analizlerinde sağlıklı sonuçlar alınamamaktadır.

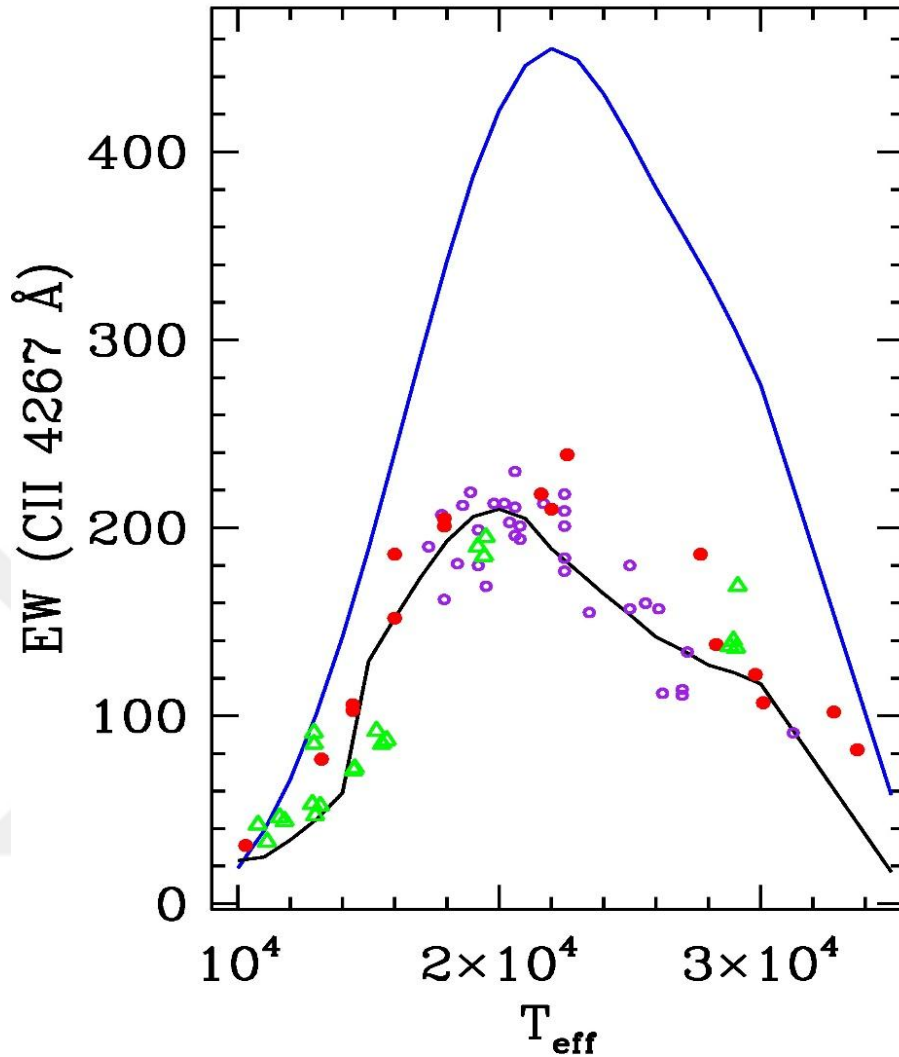
CII 4267 Å çizgisi için elde edilen bolluklar, diğer karbon çizgilerinden elde edilen bolluklarla uyuşmamaktadır [6]. Literatürde yapılan birçok çalışmada bu çizgilerin tutarlı bolluklarını saptamakta başarısız olunmuştur.

Biz bu problemi göstermek için TLUSTY [7] paket programı ile T_{eff} 15000-3000° K, 3.0-4.5 log(g) dex aralığında non-LTE model atmosfer oluşturduk. Daha sonra oluşturduğumuz model atmosferlerden SYNSPEC paket programı ile sentetik tayflar ürettik. Bu sentetik tayflarla STARFIT kodunu kullanarak güneş bolluğundaki NGC3293, NGC4755 ve NGC661 kümelerine ait 50 adet B tayf türü yıldızın atmosferik parametrelerini belirledik. Belirlediğimiz atmosferik parametrelerle SYNLOT paket programını kullanarak küme yıldızlarının CII 4267 Å çizgisine ait bolluklarını saptadık ve NII 3995 Å ile OII 4414 Å çizgilerinin teorik modellerle ve gözlemsel tayflarla eşdeğer genişlik ölçümlerini belirledik. Bu tez çalışmasında belirlenen parametreler ile CII 4267 Å, NII 3995 Å ve OII 4414 Å çizgileri için tek yıldızlara ait LTE ve non-LTE T_{eff} – EW kalibrasyonu yapılmıştır. Ayrıca CII 4276Å çizgisindeki bolluk problemini nedeni ile bu çizginin LTE ve non-LTE bolluk kalibrasyonu yapılmıştır. Bu sonuçlara

karşılık, İbanoğlu ve ark., [6] yarı-ayrık çift yıldız tayflarından elde ettikleri EW (CII 4267 Å) ve $\log \epsilon(C)$ değerleri kalibre edilmiştir. NII 3995 çizgisi ise, Leushin [46] makalesinden alınan çift yıldızlarla, tek yıldızlardan elde edilen EW (NII 3995 Å) değerleri karşılaştırılmıştır.

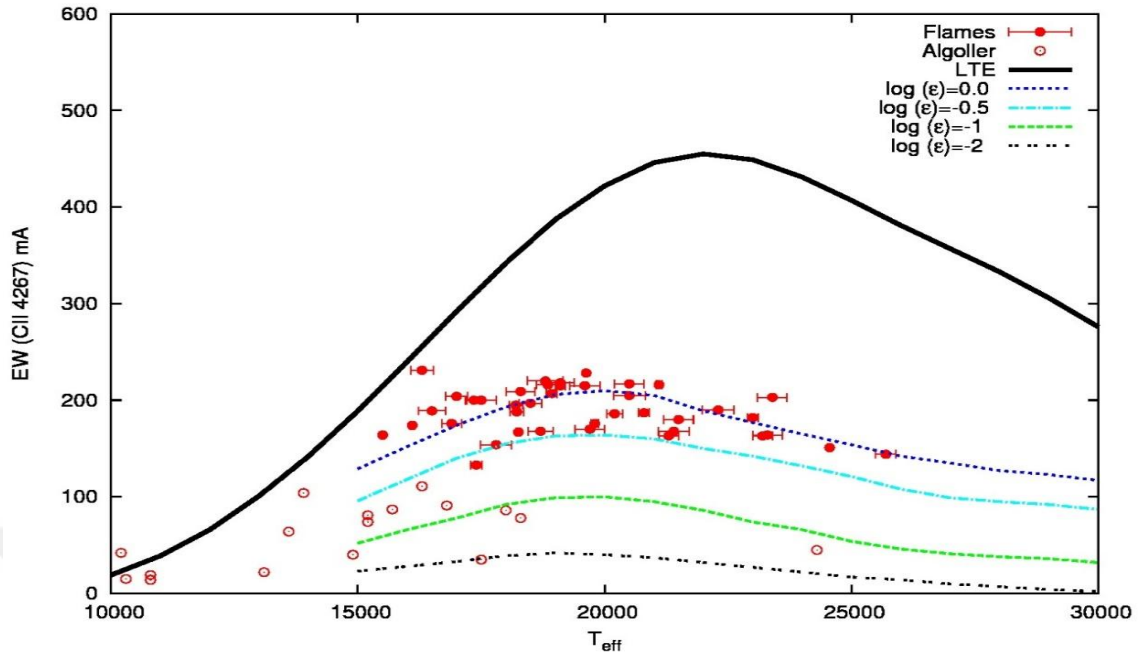


Şekil 4.1. Verilen bir sıcaklık için LTE ve Non-LTE model arasındaki bolluk farkı. Yeşil olan çizgi $\log(g) = 3.5$, mavi çizgi ise $\log(g) = 4.0$ olan ölçüm değerlerini göstermektedir. Görüldüğü üzere sıcak yıldızların LTE model atmosferi ile elde edilen bollukları -1.3 dex'e kadar hatalı olabilmektedir.

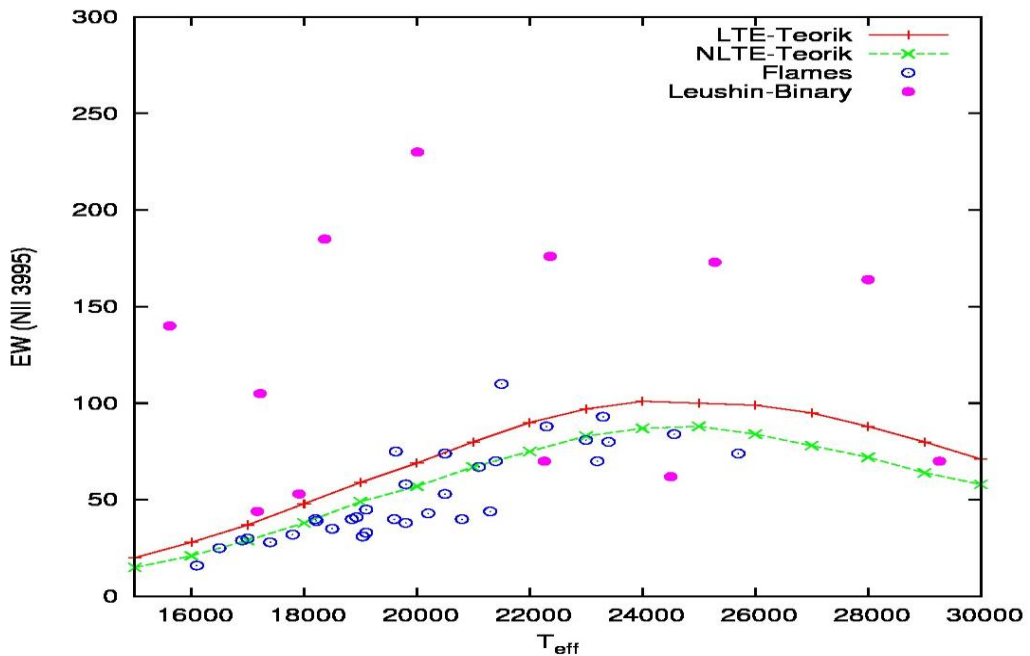


Şekil 4.2. Etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak eşdeğer genişlik (EW) değişimi. Mavi çizgi UCLSYN programı ile elde edilen LTE eşdeğer genişlik, siyah çizgi TLUSTY / Non-LTE modellerle elde edilen eşdeğer genişlik değişimlerini göstermektedir. Kırmızı daireler İbanoğlu ve ark. (2012), mor çemberler Hunter ve ark. (2011), yeşil üçgenler ise ELODIE arşivinden indirilen tayflarla ölçtüğümüz $\log(g)$ 3.5 - $\log(g)$ 4.0 aralığında eşdeğer genişlik dağılımlarını göstermektedir.

Şekil 4.2, ilk defa bu tez çalışmasında yapılmıştır. Bu grafik ile Tlusty non-LTE model atmosfer programının CII 4267 Å çizgisini iyi bir şekilde modelleyebildiğini ve bu programın güvenilirliğini göstermiş olduk.

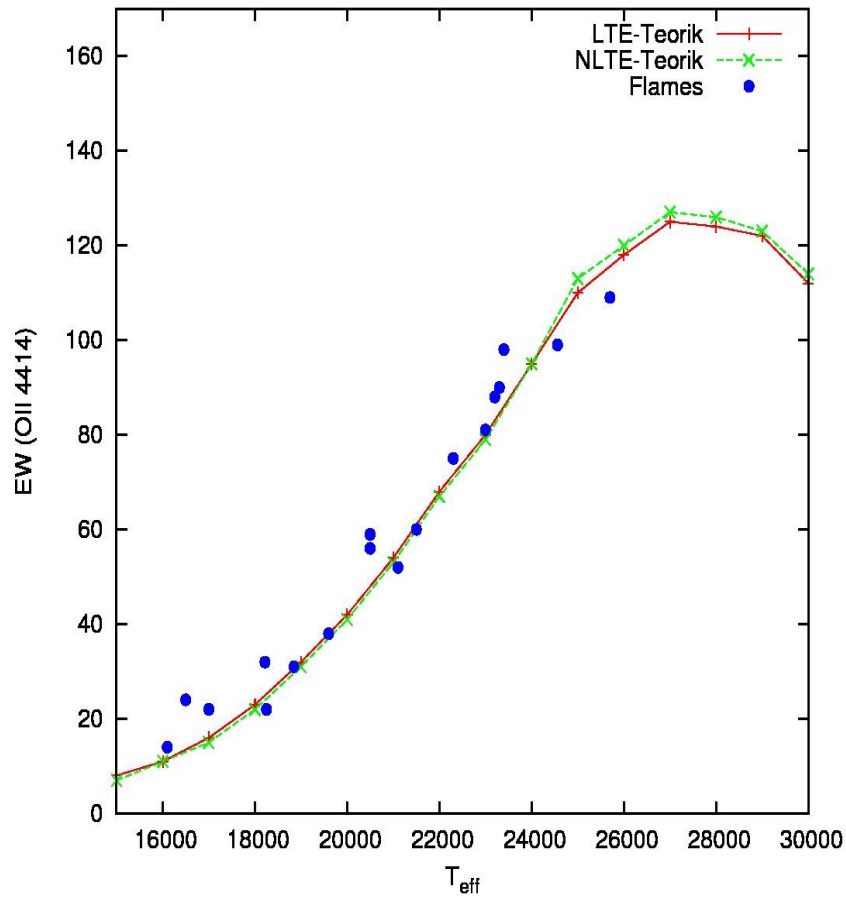


Şekil 4.3. Etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak eşdeğer genişlik değişimi. Siyah çizgi UCLSYN programı ile elde edilen LTE EW (eşdeğer genişlik), kesikli çizgiler TLUSTY / Non-LTE modellerle elde edilen $\log(\epsilon)=0$, $\log(\epsilon)=-0.3$, $\log(\epsilon)=-1$, $\log(\epsilon)=-2$ EW değişimlerini göstermektedir. Kırmızı daireler FLAMES tayfları ile ölçülen EW, kırmızı içi boş daireler ise İbanoğlu ve ark. [6] ölçmüş oldukları yarı-ayrık Algol türü çift yıldızların EW dağılımlarını göstermektedir.



Şekil 4.4. Etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak eşdeğer genişlik değişimi. Kırmızı çizgi UCLSYN programı ile elde edilen LTE EW değişimlerini, yeşil çizgi TLUSTY / Non-LTE modellerle elde edilen EW değişimlerini göstermektedir. Mavi içi boş daireler FLAMES tayfları ile ölçülen EW, mor daireler ise Leushin'in [46] ölçmüş olduğu çift yıldızların EW dağılımlarını göstermektedir.

Şekil 4.4' e bakıldığı zaman kütle aktarmış çift yıldızların kendini grafikte belli ettiği görülmüştür. Grafikte Leushin'in çalışmasından alınmış 12 adet yakın çift yıldızdan elde edilmiş NII 3995 çizgisinin EW ölçümleri bulunmaktadır [46]. Bu grafiğe bakılınca yakın çift yıldız üyelerinden 7 tanesinin kütle aktarmış olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4.5. Etkin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak eşdeğer genişlik değişimi. Kırmızı çizgi UCLSYN programı ile elde edilen LTE EW değişimlerini, yeşil çizgi TLUSTY / Non-LTE modellerle elde edilen EW değişimlerini göstermektedir. Mavi daireler FLAMES tayfları ile ölçülen EW dağılımlarını göstermektedir.

CII çizgisinin şiddeti veya eşdeğer genişliği yıldızın etkin sıcaklığına bağlı olduğu için standart yıldızların yanı sıra Algollerin orta-bant fotometrik ölçümlerini kullanan T_{eff} değerleri hesaplanmıştır [6].

[u - b] rengi ve $[c_1]$ indeksi yıldızların etkin sıcaklığına çok duyarlıdır. Bu nedenle, bunlar A0' dan önceki yıldızlar için etkin sıcaklık göstergeleri olurlar. T_{eff} ve [u - b]

arasındaki değerler, 9500-30000 K aralığındaki sıcaklıklar için Napiwotzki, Schoenberner & Wenske kataloğundan alınmıştır. Aşağıda verilen Napiwotzki denklemi ile sıcaklıklar düzenlenmiştir [6].

$$\Theta = \frac{5040}{T} = -0.0195 [u - b]^2 + 0.2828[u - b] + 0.1692$$

Bununla birlikte, T_{eff} ve $[c_1]$ değerleri arasındaki ilişki, Nissen (1974) tarafından aşağıda verilen T_{eff} ve $[c_1]$ değerlerini kullanarak 0.9991 regresyon katsayısı ile türetilmiştir [6].

$$\Theta = 0.3495(3) [c_1] + 0.1696(2)$$

Bu ilişki, 13000-30000 K arasındaki etkin sıcaklıklar için geçerlidir. Standart yıldızlar için T_{eff} değerleri, Hauck & Mermilliod' dan [6] alınan $[u - b]$ ve $[c_1]$ değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. $[c_1]$ indeksi olmayanlar ise Leushin [46] makalesinden değiştirilmeden alınmıştır.

Şekil 4.1' de CII 4267 Å çizgisinin $\log(g)=3.5$ ve $\log(g)=4$ için LTE modellerle yapılan bolluk ölçümlerinin güneş bolluğu ile karşılaştırılması görülmektedir. Grafiğe bakıldığında özellikle 24000 K sıcaklıkta hata değerinin (-1.34 dex) maksimum değere ulaştığı ve 26000 K' den sonra hata değerinin orantılı olarak azalmaya başladığı görülmektedir. Yani diyebiliriz ki LTE modeller kullanılarak gerçekleşen bolluk ölçümleri hatalı sonuçlar verecektir.

İyonize Karbon durumunda CII 4267 Å çizgilerinin gerek eşdeğer genişliklerinin gerekse bolluklarının ölçümleri bize bu çizgilerin non-LTE etkilere ne kadar duyarlı olduğunu gösteriyor. Şekil 4.2' de görüldüğü üzere CII (4267Å) çizgisi Non-Lte etkilere çok duyarlıdır. Bunu ise gerçekte ölçülmüş yıldızlardan alınan tayfsal sonuçlarla karşılaştırarak anlıyoruz. Ölçümlerimiz İbanoğlu ve ark., [6] gözlemlenmiş 27 tayf ile hesaplanan eşdeğer genişliklerle, I.Hunter'in [44] uygun Gauss profilleriyle ölçmüş olduğu yaklaşık gözlemsel 50 Galaktik B tipi yıldızların eşdeğer genişlik değeriyle ve ELODIE arşivinden indirdiğimiz sıcaklık aralığı 1000-30000 K aralığında kendi ölçtüğümüz eşdeğer genişliklerle karşılaştırılmıştır ve görülmüştür ki non-LTE etkileri katılarak oluşturulan model atmosfer ve tayflar eşdeğer genişlik ölçümleriyle daha iyi uyuşmaktadır.

Şekil 4.3' e baktığımızda ise B türü tek yıldızların genel dağılımı güneş bolluğu $\log(\epsilon) = 0$ ve güneş bolluğunun yarısı $\log(\epsilon) = -0.3$ civarındayken, yarı-ayrık Algol türü çift

yıldızların genel dağılımı güneş bolluğunun onda biri $\log(\epsilon) = -1$ ve yüzde biri $\log(\epsilon) = -2$ civarlarına kadar düştüğü görülmektedir.

Şekil 4.3' te verilen kalibrasyonda CII çizgisinin sadece EW değerlerini bularak bile o yıldızın özellikle çift yıldız durumunda Karbon bolluğuna dair fikir sahibi olabileceğimizi görmüş olduk.

Şekil 4.4' te non-LTE etkilerden en az etkilenen NII 3995 Å çizgisinin tek yıldızlardan ve çift yıldızlardan elde edilen eşdeğer genişlik ölçümleri verilmiştir. Flames tayflarından elde edilen gözlemsel eşdeğer genişlik ölçümlerinin teorik modellere göre dağılımına bakıldığında hem LTE hem de non-LTE etkilere duyarlı olduğu görülmektedir. Grafikte Leushin'in [46] ölçmüş olduğu çift yıldızların EW dağılımlarına bakıldığında ise CNO öngörüsüne uygun olarak N (Azot) eşdeğer genişlik değerlerinin daha yüksek olduğu ve kütle aktarmış çift yıldızların kendini grafik üzerinde belli ettiği açıkça görülmektedir.

Şekil 4.5' te OII 4414 Å çizgisinin LTE ve non-LTE teorik modelleri ile Flames tayflarından elde edilen gözlemsel eşdeğer genişlik ölçümlerinin karşılaştırılması görülmektedir. OII 4414 Å çizgisi, Flames tayflarında kendini gösteren en baskın Oksijen çizgisidir [44]. Grafiğe bakıldığında OII 4414 çizgisinin non-LTE etkilerden etkilenmediği, LTE modellerle uyumlu olduğu ve sıcaklık arttıkça beklenildiği gibi Oksijen çizgisinin şiddetinin arttığı görülmektedir.

Sonuç olarak gözlemlenmiş ve ölçülmüş değerlere bakılarak söylenebilir ki; CII 4267 Å çizgisinin şiddeti ve eşdeğer genişliği gerek tek yıldızlarda gerekse de yarı-ayrık Algol türü çift yıldızlarda büyük ölçüde sıcaklığa bağlıdır ve non-LTE etkilere duyarlıdır. CII 4267 çizgisinin bolluk ölçümleri LTE modellerle yapılsaydı sonuçlar yanlış olacaktı. Güneşe göre -2 dex çıkan bolluk ölçümleri LTE modellere göre hesaplanmış olsaydı -5 dex' e kadar düşecekti. Yapılan kalibrasyonda Yarı-ayrık Algol türü çift yıldızların modellemelerinin non-LTE yapılması gerektiği anlaşılmış olup bolluklarının güneş bolluğunun yüzde birine kadar düştüğü görülmektedir. NII 3995 Å çizgisinin non-LTE etkilere daha az duyarlı olduğu ve çift yıldızlarla karşılaştırıldığında beklenildiği gibi eşdeğer genişlik ölçümlerinin yüksek çıktığı görülmüş olup, OII 4414 Å çizgisinin LTE modellenemediği ve yüksek sıcaklıklarda şiddetini arttıracığı anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Nieva, M.F., Przybilla, N., 2006. C II abundances in early-type stars: solution to a notorious non-LTE problem. **A&J**, **639**: L39-L42.
2. Tomkin, J., Lambert, D.L., Lemke, M., 1993. The chemical composition of Algol systems–V. Confirmation of carbon deficiencies in the primaries of eight systems. **MNRAS**, **265**: 581-587.
3. Kolbas, V., Dervişoğlu, A., Pavloski, K., Southworth, J., 2014. Tracing CNO exposed layers in the Algol-type binary system u Her. **MNRAS**, **444**: 3118-3129.
4. Nieva, M.F., Przybilla, N., 2008. Carbon abundances of early B-type stars in the solar vicinity* Non-LTE line-formation for CII/III/IV and self-consistent atmospheric parameters. **A&A**, **481**: 199-216.
5. Eber, F., Butler, K., 1988. Non-LTE line formation in early B and late O stars III. Singly ionized carbon. **A&A**, **202**: 153-158.
6. İbanoğlu, C., Dervişoğlu, A., Çakırlı, Ö., Sipahi, E., Yüce, K., 2012. Carbon deficiencies in the primaries of some classical Algols. **MNRAS**, **419**: 1472-1479.
7. Hubeny, I., & Lanz, T., 1995. Non-LTE line blanketed model atmospheres of hot stars. II. Hot, metal-rich white dwarfs. **A&A**, **439**: 905-916.
8. Hubeny, I., Lanz, T., 1992. Accelerated complete – linearization method for calculating NLTE model stellar atmospheres. **A&A**, **262**: 501-514.
9. Nieva, M. F., & Przybilla, N., 2013. Carbon abundances of early B-type stars in the solar vicinity Non-LTE line-formation for C II/III/IV and self-consistent atmospheric parameters. **A&A**, **0711**: 2-7.
10. Caughlan, G. R., & Fowler, W. A., 1962. The mean lifetimes of carbon, nitrogen and oxygen nuclei in the CNO bi-cycl. **APJ**, **136**: 453-464.

11. Lennon, D.J., 1983. Non-LTE calculations for C II in B-type stars. **MNRAS**, **205**: 829-838.
12. Hou, J.L., Prantzos, N., Boissier, S., 2000. Abundance gradients and their evolution in the Milk Way disk. **A&A**, **362**: 921-936.
13. Chiappini, C., Romano, D., Matteucci, F., 2003. Oxygen, carbon and nitrogen evolving in galaxies. **MNRAS**, **339**: 63-81.
14. Rolleston, W.R.J., Smartt, S.J., Dufton, P.L., Ryans, R.S.I., 2000. The galactic metallicity gradient. **A&A**, **363**: 537-554.
15. Daflon, S., Cunha, K., 2004. Galactic metallicity gradients derived from a sample of OB stars. **A&J**, **617**: 1115-1126.
16. Meynet, G., Meader, A., 2000. Stellar evolution with rotation V. Changes in all the outputs of massive star models. **A&A**, **361**: 101-120.
17. Burbidge, E.M., Burbidge, G.R., 1957. Chemical composition of the Ba II star HD 46407 and its bearing on element synthesis in stars. **A&J**, **126**: 358-384.
18. Kane, L., McKeith, C.D., Dufton, P.L., 1979. Carbon, nitrogen and oxygen abundances in loose association and field B-type stars. **A&A**, **84**: 115-122.
19. Hardorp, J., Scholz, M., 1970. The atmospheres of tau scorpii (BO V) and lambda leporis (BO.5 IV). **A&J**, **173**: 193-232.
20. Kodaira, K., Scholz, M., 1970. Spectroscopic investigation of B3 V stars. **A&A**, **6**: 93-113.
21. Lennon, D.J., 1983. Non-LTE calculations for C II in B-type stars. **MNRAS**, **205**: 829-838.
22. Grigsby, J.A., Morrison, N.D., Anderson, L.S., 1992. Non-LTE line-blanketed model atmospheres for late O- and early B-type stars. **A&J**, **78**: 205-237.
23. Sigut, T.A.A., 1996. Non-LTE calculations for the C II doublet system. **A&J**, **473**: 452-463.

24. Przybilla, N., Butler, K., 2001. Non-LTE line formation for Ni/II abundances and stellar parameters. **A&A**, **379**: 955-975.
25. Lanz, T., Hubeny, I., 2007. A grid of NLTE line-blanketed model atmospheres of early B-type stars. **A&J**, **169**: 83-104.
26. Gies, D.R., Lambert, D.L., 1992. Carbon, nitrogen and oxygen abundances in early B-type stars. **A&J**, **387**: 673-700.
27. Hunter, I., Dufton, S.J., Smartt, S.J., Ryans, R.S.I., Evans, C.J., Lennon, D.J., Trundle, C., Hubeny, I., Lanz, T., 2007. The VLT-FLAMES survey of massive stars: surface chemical compositions of B-type stars in the Magellanic Clouds. **A&J**, **466**: 277-300.
28. Daflon, S., Cunha, K., Butler, K., SMITH, V.V., 2001. Chemical abundances of OB stars with high projected rotational velocities. **A&J**, **563**: 325-333.
29. Sofia, U.J., Meyer, D.M., 2001. Interstellar abundance standards revisited. **A&J**, **554**: L221-L224.
30. Przybilla, N., 2002. Quantative Spectroscopy of Supergiants, Dissertation der Fakultät für Physik, Doktora Tezi, München, 140 s.
31. Engin, S., 2000. Genel Astronomiye Giriş II. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi no:57.
32. Underhill, A.B., 1968. The interpretation of stellar spectra. *JRASC*, **62**: 331-343.
33. Mihalas, D., Auer, L.H., Mihalas, B.R., 1978. Two-dimensional radiative transfer i.planar geometry. **A&J**, **220**: 1001-1023.
34. Hubeny, I., Hubeny, V., 1997. Non-LTE models and theoretical spectra of accretion disk in active galactic nuclei. **A&J**, **484**: 37-40.
35. Cannon, W. H., 1973. On the feasibility of long distance laser strain meter measurements through the uncontrolled atmosphere. **GJR**, **35**: 457-486.
36. Werner, K., Husfeld, D., 1985. Multi-level non-lte line formation calculations Λ -operators. **A&A**, **148**: 417-422.

37. Rybicki, G. B., Hummer, D. G., 1991. An accelerated lambda iteration method for multi level radiative transfer. **A&A**, **245**: 171-181.
38. Tektunalı, G., 1990. Astrofiziğe Giriş I. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi. 163 s.
39. Bergemann, M., Nordlander, T., 2014. Non-LTE radiative transfer in cool stars. **arXiv**, **1403**: 1-18.
40. Rybicki, R., B., Hummer, D., G., 1992. An accelerated lambda iteration method for multi level radiative transfer II. Overlapping transitions with full continuum. **A&A**, **262**: 209-215.
41. Tamajo, E., Pavlovski, K., Southworth, J., 2011. Constrained fitting of disentangled binary star spectra; application to V615 Persei in the open cluster h Persei. **A&A**, **526**: A76.
42. Charbonneau, P., 1995. Genetic algorithms in astronomy and astrophysics. **A&J**, **101**: 309-344.
43. Mokiem, M., R., Koteri, A., Plus, J., Herrero, A., Najarro, F., 2005. Spectral analysis of early-type stars using a genetic algorithm based fitting method. **A&A**, **441**: 711-733.
44. Hunter, I., Brott, I., Langer, N., Ryans, R.S.I., Evans, C.J., Lennon, D.J., Trundle, C., Hubeny, I., Lanz, T., 2011. The VLT-FLAMES survey of massive stars: constraints on stellar evolution from the chemical compositions of rapidly rotating Galactic and Magellanic Cloud B-type stars. **A&A**, **9925**: 1-80.
45. Dufton, P.L., Smartt, S.J., Lee, J., K., Ryans, R.S., I., Hunter, I., , Evans, C.J., Trundle, C., Lennon, D.J., 2006. VLT-FLAMES survey of massive stars: stellar parameters and rotational velocities. **A&A**, **457**: 265-280.
46. Leushin, V.V., 1988. Nitrogen abundance in the atmospheres of single and binary stars. **Astron Zh**, **65**: 827-836.
47. Hubeny, I., 2015. <http://aegis.as.arizona.edu/~hubeny/pub/> (Erişim Tarihi: Eylül 2016)

48. Hubeny, I., Lanz, T., 2002. <http://nova.astro.umd.edu/index.html> (Erişim Tarihi: Mart 2015)
49. Hubeny, I., Lanz, T., 2002. Non-LTE line blanketed model atmospheres. <http://nova.astro.umd.edu/Synspec49/synspec.html> (Erişim Tarihi: Nisan 2015)



EKLER

TLUSTY — Kullanıcı Kılavuzu

Versiyon 200

I.Hubeny ve T. Lanz,

1 GİRİŞ

Mevcut bilgisayar programları yıldızların geniş yelpazede spektroskopik tanılamalarını yapmak için paket olarak tasarlanmıştır. TLUSTY paketin temel bileşenidir, program paralel düzlem, yatay homojen model yıldız atmosferlerini ışınımsal ve hidrostatik denge içinde hesaplamak içindir. Lokal termodinamik dengeden (LTE) ayrılma, seçilmiş atomik ve iyonik enerji düzeylerinin numaralarını ayarlamak için izin verir. Program ayrıca konveksiyon için de izin verir. Programın yeni versiyonunun en önemli özelliklerinden biri, LTE olmayan metal çizgi örtüşmesi için tam tutarlılıkla izin vermesidir.

Geçmişte TLUDSISK denilen dikey yığılma disklerinin yapısını hesaplamak için tasarlanmış ayrı bir değişken vardı. Mevcut versiyon 200’de her iki program, tek evrensel kod TLUSTY içinde bulunur. Kullanıcı yıldız atmosfer modeli ya da yığılma disk giriş verilerine dayalı hesaplamalar arasında seçim yapabilir. Aşağıdaki metinde genellikle yıldız atmosfer’e değineceğiz, özel olarak belirtilmediği sürece herşeye başvurulabilir, yığılma diskine de.

Maksimum konfigürasyonda kullanıcı sıfırdan başlayabilir ve karmaşıklığın seçilmiş derecesinin bir model atmosferini ya da diskini hesaplar ve isteğe bağlı yıldız rotasyonu ile estrumantal profil için dalga boyu bölgesinde bir sentetik spektrum ile biter.

İkinci temel program SYNSPEC’tir, program verilen model atmosferden ortaya çıkan akıyı hesaplar. TLUSTY kullanılarak hesaplanan atmosferden spektrumları sentezlemek için özellikle yazılmıştır, fakat diğer model atmosferler ile giriş olarak kullanılabilir (Kurucz, ATLAS modelleri), . Program SYNSPEC tarafından üretilen net spektrumun döngüsel ve enstrümental özyinelemelerini hesaplayan ROTINS tarafından tamamlanmaktadır.

Son olarak arabirim ve yardımcı programların dizileri oluşur. Bu diziler çıktı modelleri çizimi için grafiksel arabirim şgırlar (IDL ve/veya Mongo’da yazılmıştır). Benzer şekilde kullanıcıya SYNSPEC ve yardımcı programları interaktif bir şekilde kullanmalarına olanak tanıyan SYNLOT vardır (IDL’de yazılmış) ve bu yardımcı programlar (Spektrumu hesaplar,

haritasını çıkarır, çeşitli özyinelemeler sergiler, tanımlar ve tahmin edilen satırlara ek açıklamalar ekler).

Aşağıdaki açıklamalar, programın işleyişi, gerekli girişleri hazırlamak, çıktı sonuçlarını anlamak ve bazı seçenekleri örneklemek için kısa bir rehber niteliğindedir. Eşlik eden spektrum sentez programı SYNSPEC ayrı bir kılavuzda anlatılmıştır.

Vurgulamak isterez ki programların ayarları standart programların katı yapısını temsil etmez; bunun yerine son derece dinamiktir ve kademeli gelişimin daimi durum olarak ayarlanmasını sağlar. Daha önce dağıtılmış olan versiyon TLUSTY195 olarak nitelendirilmiştir.

Şimdiki versiyon ve önceki arasındaki en önemli fark, çeşitli sayısal algoritmaların yükseltilmesinin yanı sıra TLUSTY ve TLUSDISK'in birleşmesi, Compton saçılmasını içermeye olasılığı, dış ışınlamanın daha tutarlı bir şekilde işlenmesi, seviye gruplama girişi ve son olarak NLTE metal çizgi örtüşmesine donukluk örneklemesini kullanma imkanı vermesidir. Önceki versiyonlardan farklı olarak program şimdi LINUX işletim sistemi altında çalışmaktadır (Önceki sürümler bazı eski FORTRAN özellikleri içermekte ve bunlar hala DEC ve SUN Fortran derleyiciler tarafından desteklenmekte fakat UNIXg77 derleyici tarafından desteklenmemektedir.)

2 GENEL ÖZELLİKLER

2.1 Yıldız Atmosferleri

Programın temel özellikleri aşağıdaki gibidir:

1. Program temel denklemleri sözde hibrit CL/ALI yöntemiyle çözer (Işınımsal transfer, hidrostatik denge, ışınımsal denge, istatistiksel denge ve parçacık koruma) (Hubeny ve Lanz 1995). Bu yöntem iki temel bileşenin avantajlarını birleştiren tam doğrusallaştırma yönteminin yüksek yakınsama oranı ilk olarak Auer ve Mihalas (1969) tarafından tanıtıldı ve düşük kapasiteli bilgisayar döneminde yineleme, Hızlandırılmış Lambda Yineleme (ALI) olarak Cannon tarafından tanıtıldı (1973) inceleme için, bkz. Hubeny (1992).
2. Aslında tüm denklemlerin çözülmüş olması gerekmemektedir. Programın karşılık gelen miktarda sabit tutarak bazı denklemleri atlaması için seçenekleri vardır. Örneğin sıcaklığı sabit tutarak ışınımsal denge denklemini atlamak (bütün diğer denklemler çözülmüş olur); bu sözde yarı deneysel modeller hesaplamaya karşılık gelir.
3. Atomik türlerin seçimi, iyonlar, enerji seviyeleri, geçişler ve donukluk kaynakları sözkonusu olduğunda program tamamen veri odaklıdır. Belirtmeliyiz ki varsayılan donukluklar yerleşik değildir (sadece bazı varsayılan formüller enine kesiti içerdiği için- aşağıya bkz.)
4. Son NLTE modeli genellikle artan karmaşıklık modellerinin ardışık seriler hesaplamalarını içeren standart bir prosedürle hesaplar: İlk LTE modeli LTE-gri modelinden başlar, sonra ayrıntılı ışınımsal dengenin içinde olmak için tüm çizgilerin kabul edildiği yerde bir NLTE model (Genellikle NLTE/C model olarak gösterilir; süreklilik için yalnızca C kalır) ; nihai model çizgilerin açık kabul edildiği bir modeldir. Son adım aslında giderek artan satır sayıları ile birkaç kısmi adımdan oluşabilir. Bazı durumlarda bazı adımlar atlanabilir. Örneğin çizgi örtüşme modeli için, bazen bir LTE modelinden NLTE modeli satırları ile doğrudan gitmek daha kolaydır, ör. LTE-gri modeli hariç, sıfırdan hesaplanan, beklenen modelin ilk tahmini. Bu genellikle önceki adımdan yaklaştırılmış bir modeldir, fakat ayrıca o da makul bir ilk tahmin olarak literatürden alınan bir model olabilir.
5. Standart FORTRAN77'de yazılan kod onu son derece taşınabilir yapar.

Bu belge temel kavramları, denklemleri ve kullanılan sayısal metodları tanımlar. Ancak program 1988'den beri önemli ölçüde geliştirildi, bu belgedeki sunulan tanımlamalar birçok yerde eskidir. Önemli yeni gelişmeler Hubeny ve Lanz'da (1995) detaylı olarak açıklanmıştır- Ng ve Kantorovich ivmeleri ve daha da önemlisi, Hubeny ve Lanz'da (1995)- hibrit CL/ALI metodu ve superseviyeler ve super taşınımın konsepti donukluk dağıtım işlevlerinin

(ODF) aracılığı ile işlenmiştir. İşgal olasılıklarının işleyişi, birleşmiş seviyelerin ve karşılık gelen donukluk dağıtım işlevlerinin tanımlamaları Hubeny, Hummer, Lanz (1994) tarafından yapılmıştır.

Yeni gelişmeler hemen hemen her zaman aşağı doğru uyumludur eski versiyonlarda izin verilen bütün seçenekler yeni versiyonda korunmuştur. Başka bir deyişle yeni versiyonlara yeni özellikler eklenmiş fakat varolanlar silinmemiştir. 1988 orjinal uygulamalarına sadık kalınarak sayısal tekniklerin en önemli değişiklikleri aşağıda listelenmiştir.

- Yıldız atmosferleri ve yığılma diskleri için kodların birleştirilmesi
- Hibrit CL/ALI şemasının eklenmesi
- Metal çizgi örtüşmesi uygulamaları ya donukluk dağıtım işlevleri (ODF-bkz. Hubeny ve Lanz 1995) ya da donukluk örekleme (OS) yollarıyla yapılır.
- Çeşitli fiziksel özelliklerin gelişmiş/eklenmiş uygulamaları:
 - Konveksiyon (Karşık uzun şekilli birkaç türevi ile)
 - Dış ışınlama
 - Compton saçılması (Hubeny 2001'de açıklanan)
 - Dielektronik rekombinasyon (Hubeny 2001'de açıklanan)
 - X ışını opasiteleri, iç kabuk (burgu) iyonizasyonu dahil olmak üzere
- Rybicki ve Hummer'den (1992) sonra istatistiksel dengenin önkoşullanmasının birleştirilmesi
- Transfer denklemlerinin biçimsel çözümü için Kesintili Sonlu Element (DFE) şemasını kullanma olanağı (Castor, Dykema, Klein 1992).

Hubeny ve Lanz (1995) tarafından açıklanan ışınımsal denge denkleminin gelişmiş uygulamaları.

- İşgal olasılıklı biçimciliğinin (Hummer ve Mihalas 1988) ve NLTE durumuna uzantısı; dizi limitleri yakınında satır birleştirmenin detaylı uygulaması (Hubeny, Hummer ve Lanz 1994)
- İvme algoritmaları (Newton-Raphson yönteminin Kantorovich türevi ve Ng ivmeleri) Hubeny ve Lanz (1992) tarafından detaylı olarak açıklanmıştır.

2.2 Yığılma Diskleri

Disk sabit durumda geometrik olarak ince ve Keplerian dönüşümlü olarak kabul edilir. Eksensel simetrik eşmerkezli halkaların dikey yapısı paralel düzlem 1-D atmosfer hesaplamasının yapıldığı yerde çözüldü.

Temel varsayımların özeti:

- Disk bir dizi eşmerkezli halkalara ayrılmıştır, bağımsız paralel düzlemde yayılmış tabaka olarak hareket ederler; optik kalınlık hakkında hiçbir varsayım yapılmamıştır. TLUSTY tek çalışmada tek bir halkanın dikey yapısını hesaplar.
- Dikey z-yönde hidrostatik denge;
- Enerji dengesi net radyasyon kaybı (ne optik ince ne de optik kalın (Difüzyon) yaklaşımları olmadan net olarak hesaplanır) ve harcanmış enerji arasında bir denge olarak kabul edilir.
- Harcanmış enerji viskozitesi verilen geleneksel Shakura Sunyaev (1973) α parametresi ya da Reynold sayısı ile orantılıdır;
- Diskin aydınlatma etkisi merkezi yıldız tarafından Hubeny' nin (1990b) biçimciliği kullanılarak dikkate alınır.
- Karadeliklerin etrafında yığılma diskleri sözkonusu olduğunda genel relativistik efektler için izin veririz (Biz burada Riffert ve Herold'un 1995 biçimciliğini kabul ettik). Yapısal denklemler Hubeny ve Hubeny' de (1998) ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1 2.3 Yaklaşık Modeller

Birçok amaç için diskin dikey yapısının öztutarlı modellerinin detaylandırılmasına yukarıda açıklandığı gibi gerek yoktur, daha doğrusu bazı yaklaşık modeller kullanılabilir. Sözde LTE-gri model için bir olasılık (öztutarlı dikey yapının sonraki yinelemeli hesaplanması için başlangıç model olarak kullanılan) Model Hubeny (1990a) detaylı olarak anlatılmıştır. Böyle bir model hesaplama için NITER=0 kodu vardır, tam doğrusallaştırmanın yinelemeleri (ya da hibrit CL/ALI metodu – bkz. aşt.) gerçekleştirilmez.

Daha basit bir model izotermal tabaka modelidir. Model gri modeline benzer fakat sıcaklık bir reçete giriş değerine sahip yükseklik ile sabit kabul edilir. İzotermal bir model ya LTE-gri yaklaşımlarıyla hesaplanarak ya da diğer yapısal denklemlerle çözülür (LTE ya da NLTE

varsayarak). Daha sonraki durumda kullanıcının doğrusallaştırma sürecinde sıcaklığı sabit tutmayı etkileyen INRE=0 (bkz. aŖğ.) kodu vardır.

2.4 Uyarı

Her ne kadar kod'taki hataları ortadan kaldırmak için önemli çaba sarf edilsede kesinlikle hatasız olduğunun bir garantisi yoktur. Bu nedenle kullanıcı bir "kara kutu" programı kullanımına karşı uyarılır. Eğer kullanıcı tarafından herhangi bir hata bulunursa bu son derece memnuniyet verici olur ve herhangi bir yorum ya da iyileştirme için önerileriniz varsa Hubeny (hubeny@tlusty.gsfc.nasa.gov) ya da T. Lanz (lanz@nova.gsfc.nasa.gov) ile iletişime geçiniz.

3 Programı Derleme

3.1 3.1 Derlenme

Program birkaç dosya olarak dağıtılmıştır. En büyük olanı TLUSTYnnn' dir ve nnn'in olduğu yer güncel versiyon numarasını temsil eder. AŖağıdaki metinde 200'ü güncel versiyon numarası olarak alıyoruz. Alt programlar arasındaki iletişim prensip olarak ortak bloklar aracılığı ile yürütölmektedir. Programa kolayca ölçeklendirmeye (yeniden boyutlandırma) izin vermek için diziler parametre sabitler tarafından boyutlandırılır. Diziler ve parametreler içerik dosyaları ile tanımlanır.

IMPLIC.FOR

BASICS.FOR

ATOMIC.FOR

MODELQ.FOR

ITERAT.FOR

ARRAY1.FOR

ODFPAR.FOR

ALIPAR.FOR

İçerik dosyaları Tlusty200.f dosyası olarak aynı dizinde bulunması gerekir ve UNIX altında adları büyük harflerle olmalıdır, örneğın BASICS.FOR. Belirtmeliyiz ki içerik dosyaları TLUSTY ile birlikte gelişmektedir (daha fazla parametre eklenmektedir), böylece kullanıcı bu

dosyaları TLUSTY'nin herhangi bir yeni versiyonuna kopyalamak için tavsiyede bulunabilir. Derlenme ve bağlanma aşağıdaki gibi yapılır

- under UNIX f77 [-O4] [-static] [-N1100] tlusty200.f

SUN işletim sisteminin eski türevleri altında bazen "-N1100" seçeneğine ihtiyaç vardır (100 devamı satırların sayısını arttırır) ; "-static" opsiyonuna, bellekte statik bölüme yer ayrılmış bazı UNIX türevlerinde ihtiyaç vardır. Artık uygulamalar varsayılanlar olmuştur. Benzer şekilde en iyi duruma getirme (opsiyon "-O4") çoğu istasyonda varsayılandır. Eğer değilse optimizasyon kod performansını önemli ölçüde arttırdığından beri açık olmalı.

- under LINUX g77 -fno-automatic [-O3] tlusty200.f

"-fno-automatic" seçeneğinin olduğu yerde g77'nin çoğu uygulamalarında varsayılan olmadığından beri "-static" opsiyonun analog seçeneği gereklidir.

3.2 Yürütülebilir dosyanın boyutunu küçültme

Dizi boyutları tanımlama parametreleri BASICS.FOR içerik dosyalarında görülür: İlk parametrenin açıklaması en önemli parametreleri içerir; bunlar aşağıdaki anlamlara sahiptir

MATOM: Belirgin atomların maksimum sayısı

MION: Belirgin iyonların maksimum sayısı

MLEVEL: Belirgin seviyelerin maksimum sayısı

MLVEXP: Belirgin doğrusallaştırılmış seviyelerin maksimum sayısı

MDEPTH: Belirgin derinlik noktalarının maksimum sayısı

MFREQ Frekansların maksimum sayısı

MFREQC Sürekli frekansların maksimum sayısı

MFREX Doğrusallaştırılmış frekansların maksimum sayısı

MFREQQL Çizgi başına frekansın maksimum sayısı

MMU Açık noktalarının maksimum sayısı

MMUC	Compton saçılması durumunda açılı noktalarının maksimum sayısı
MTRANS	Birşekilde hesaba katılan geçişlerin maksimum sayısı
MBF	Bağlı-serbest geçişlerin sayısı
MCROSS	Fotoiyonizasyon kesitleri ve ilgili miktarların maksimum sayısı
MFIT	İçin uygun bağlı-serbest kesitlerin sayısı
MMCDW	Sözde süreklilik ile seviyelerin maksimum sayısı
MMER	Birleştirilmiş seviyelerin sayısı
MZZ	İşgal olasılıkları ile işlem görmüş iyonun maksimum şarjı
MITJ	Örtüşen çizgilerin maksimum sayısı
MVOIGT	Voigt profilli çizgilerin maksimum sayısı
MLINFR	Verilen frekansta çizgilerin maksimum sayısı
MSMX	En büyük matrisin boyutu SOLVE bellekte tutulur
MTOT	Bilinmeyen modellerin maksimum sayısı (yani PSI vektörünün maksimum boyutları)

Yukarıdaki parametreler evrenseldir ve yalnızca özel durumlarda kullanılan dizilerin boyutlarını belirten toplu uygulamalar için 1'e ayarlanan parametreler vardır (Compton saçılması dahil olmak üzere tri-diyagonal yaklaşık operator vb.)

MDEPTC: Compton saçılması durumunda MDEPTH'e ayarlayın, aksi durumda =1

MFREQ1: Compton saçılması ya da DFE transfer çözücü durumunda MFREQ'ya ayarlayın; aksi durumda =1

MLEVE3: Tridiyagonal operator durumunda MLEVEL'a ayarlayın; aksi durumda =1

MLVEX3: Tridiyagonal operator durumunda MLVEXP'e ayarlayın; aksi durumda =1

MTRAN3: Tridiyagonal operator durumunda MTRANS'a ayarlayın; aksi durumda =1

Buna ek olarak içerik dosyası ODFPAR.FOR' da birkaç parameter bulunur, bunlar metal çizgi örtüşmesinin uygulamaları için belirtilen dizi boyutlarıdır.

MFODF: Her ODF için frekans noktaları maksimum sayısı

MDODF: ODF'leri depolamak için maksimum derinlik noktaları sayısı

MHOD: ODF'lerin birleştirilmiş seviyelerinin maksimum sayısı

MKULEV: Donukluk örnekleme aracılığıyla bir iyon için uygulanan iç enerji seviyelerinin maksimum sayısı, eğer donukluk örnekleme kullanılmadıysa 2'ye ayarlanmalıdır

MLINE donukluk örnekleme aracılığıyla bir iyon için uygulanan iç çizgilerin maksimum sayısı, eğer donukluk örnekleme kullanılmadıysa 2'ye ayarlanmalıdır

MCFE donukluk örnekleme aracılığıyla bütün iyonlar için uygulanan iç çizgilerin maksimum toplam sayısı, eğer donukluk örnekleme kullanılmadıysa 2'ye ayarlanmalıdır

Son olarak MODELQ.FOR içerik dosyasında bir parametre daha vardır, bu parametre; donukluk örnekleme yaklaşımında metal çizgilerin işlenmesi için iç frekans noktalarının toplam sayısını belirler:

MFREQ: Donukluk örnekleme için iç frekans noktalarının maksimum sayısı

Bu değer varsayılan ile MFREQ'ya göre ayarlanır, ancak bazı durumlarda daha büyük olabilir.

Bu program geçerli değerlerin karşılık gelen maksimum boyutlardan daha küçük olup olmadığını kontrol eder ve bir çelişki varsa durur. Program daha sonra karşılık gelen geçerli ve en yüksek değerlerini gösteren bir kısa mesaj (standart çıktı) verir. Program daha sonra ya BASICS.FOR ya da ODFPAR.FOR'da karşılık gelen parametreleri uygun bir şekilde modifiye ederek tekrar derlemelidir.

M ile başlayan adların maksimum boyutu göstermeleri kuraldır; N ile başlayan benzer isimler daha sonraki geçerli değerleri gösterir; örneğin MATOM belirgin atomlar hakkında bilgi içeren diziler boyutudur (ATOMIC.FOR içerik dosyasında depolanan), Bu kuralın tek istisnası ayrı derinlik noktalarının maksimum ve geçerli sayıları için MDEPTH ve karşılık gelen ND'dir.

Yürütülebilir dosyanın boyutunu küçültme yukarıda belirtilen dizi boyutları parametrelerini azaltarak gerçekleştirilir (içerik dosyaları BASICS.FOR ve ODFPAR.FOR) Eldeki problem önemli fiziksel parametreleri azaltmaya izin vermiyorsa MFREQ, MDEPTH, MLEVEL, MTRANS,vb. gibi, çünkü kullanıcının belirtilen değerlere ihtiyacı olduğundandır, bir olasılık MSMX'i 1'e azaltabilir (tam doğrusallaştırma matrisleri hafızada tutulmaz ancak geçici dosyalarda depolanır) Bu durum bilgisayar temposunun nispeten önemsiz bir artışı ile (10-20% kadar) bir miktar bellek tasarrufu sağlar (orjinal MSMX×MSMX×ND× 3 kelimeleri). Demir

yoğunluk türlerinden dolayı çizgi örtüşmesinin donukluk örnekleme uygulamaları olmadan hesaplanan modelinde ODFPAR.FOR dosyasında bulunan MKULEV, MLINE ve MCFE parametreleri 2'ye ayarlanmış olmalıdır, bu yürütülebilir dosyanın boyutunun belirgin bir şekilde azaltılmasına neden olur.



4 GİRİŞ GENEL ŞEMASI

4.1 Genel Bakış

TLUSTY200 versiyonu daha önce giriş için desteklenen eski formata desteklemeyi durdurdu, izin verilen sadece yeni formattır.

UYARI: Önceki birim giriş dosyasının (fort.1) amacı girişin eski ya da yeni format tarafından kullanılıp kullanılmadığını belirtmek, şimdiki amacı atmosfer ya da yığılma disk modellerinin hesaplanmış olup olmadığını belirtmektir.

Giriş veri biçimi temel özelliği yalnızca çok kısa standart bir giriş dosyası olmasıdır ve şu şekilde tanımlanabilir; i) makul olmayan varsayılan değerler için çok temel parametreler tanımlanabilir ii) depolanmış bireysel iyonlar için atomik verilerin olduğu dosya adları ve iii) opsiyonel parametrelerin (bazen standart dışı olarak adlandırılır) kurulacağı dosyanın adı. Bu program birçok uygulama için en uygun varsayılan değerleri atayarak opsiyonel parametreleri tanımlar, ama belirli bir özel uygulama için gerektiği gibi değiştirilebilir ya da birkaç alternatif sayısal şema seçmek, ya da yakınsama sorunları ile başa çıkmak için kullanılır.

- Bölüm 1 —Bir yıldız bir atmosfer veya yığılma disk modeli hesaplayıp hesaplamayacağını belirten bir tek sayı içeren temel denetim dosyası eğer bu Numara “0” ise ya da dosya tamamen eksik ise program yıldız atmosfer modelini hesaplanabilir farzeder, aksi takdirde bir disk dikey yapısı hesaplanır.
- Bölüm 5 —Ana kontrol verileri –en önemli parametreler ile kısa bir dosya ve diğer dosyaların dosya adları. Dosyanın yapısı ve bireysel giriş parametrelerinin anlamı bölüm5’te açıklanmıştır.
- Bireysel iyonlar için atomik veriler içeren dosyalar. Bu dosyalar bölüm8’de tartışılmıştır.
- Opsiyonel parametrelerin varsayılmayan değerlerini içeren dosyalar (eğer ihtiyaç olursa). Tamamı 160 olası opsiyonel parameter, bölüm6’da tartışılmıştır.
- Bölüm 8 —Başlangıç model atmosfer (eğer ihtiyaç olursa)

Kolay taşınabilirliği sağlamak için tüm giriş dosyaları ASCII dosyalarıdır. Bütün okuma ifadeleri serbest format kullanır.

4.2 Belirleme için gerekenler

İki çeşit giriş parametresi vardır; gerçek fiziksel miktarlar (efektif sıcaklık gibi, T_{eff}), ve kontrol parametreleri –tipik işaretler olarak kabul edilen sayısal şemaları kontrol eden çeşitli açma/kapama prosedürleri.

Belirtmeliyiz ki bir NLTE yıldız atmosfer kodu bir kara kutu değildir. Modelin kurulumu büyük ölçüde kullanıcının yargısına bağlıdır (örneğin modelin çok yönlülüğünün derecesini belirlemek) Kullanıcı giriş parametrelerinin ne ifade ettiğini anlamak zorundadır. Birkaç giriş dosyasının tanıtımındaki felsefe; kullanıcıya bu yolla yardımcı olmak için, sadece önemli gerçek parametreler standart giriş dosyasında ayarlanmalıdır, diğeri, daha az önemli parametreler, kullanıcı onları değiştirmek istemediği sürece onların varsayılan değerler olarak kabul eder. Bu opsiyonel parametreler dosyası ile yapılır. Giriş parametrelerinin temel kategoriler listesi.

- Temel model parametreler

Bunlar yıldız atmosferleri için T_{eff} and $\log g$ ' dir ve yığılma diskleri için benzer parametrelerdir. Bular zorunludur ve TLUSTY standart girişi ile bağlantılıdır (bölüm5.1.)

- LTE ya da NLTE' yi ayarlamak

Standart giriş ile yapılır.

- Kimyasal kompozisyon ve belirgin türlerin seçimi

Belirgin atomlar enerji seviyelerinin set'i ve onun açık kabul edilen iyonizasyonu olarak tanımlanmıştır, popülasyonları istatistiksel denge çözümü tarafından belirlenir. Bu türlerin toplam donukluğa katkıda bulunmalarına sadece bir kez izin verilir, seçim önemli çünkü önemli bir donukluk kaynağı ihmal edildiği zaman nihai modelin kalitesi acı verici olur. Bir örtülü atom donukluğa katkıda bulunmaya izin vermez, ancak parçacıkların toplam sayıları ve toplam şarj'a katkıda bulunmaya izin verir; sonraki LTE iyonizasyon dengesi varsayılarak değerlendirilir ve saha denklemler kümesi tarafından çözülür.

Belirgin ve örtülü atomlar ve bunların bolluğu standart girişte verilmiştir-bkz. Bölüm 5.3.

- Belirgin atomların seçimi

Seçimin dikkatli yapılması gerekmektedir; aksi halde modelin kalitesi düşer. Standart girişte verilmiştir

- Belirgin iyonlar için atomik veriler

Önemlidir çünkü bazen iyi NLTE modellerinin bileşenlerini belirler. TLUSTY'nin önceki versiyonlarında atomik veriler standart girişte belirtilirdi. Bu model atomlar fazla genişlediğinde oldukça hantallaşmaya neden olurdu, bu yüzden yeni sistemde (versiyon 200'den başlayarak, şunda sadece desteklenen sistem) standart giriş dosyasında sadece her bir belirgin iyonun bireysel atomik verilerini içeren dosya isimleri bulunur; atomik/iyonik veri dosyaları ayrılmıştır. Bu bize bu dosyaları saklama ve programla birlikte dağıtma olanağı sağlar. Kullanıcı böylece onları yapılandırmaya gerek kalmadan kullanabilir. Atomik veri dosyaları ayrıca fiziksel parametreler karışımı da içerir (enerji düzeyleri, osilatör gücü vb.), ve ayrıca belirli seçenekleri açma/kapama için kontrol parametreleri vardır. Bu nedenle bazı durumlarda eğer gerekirse atomik veri dosyasını farklı opsiyonlara modifiye edebilirsiniz (Örneğin gruplama seviyesi farklı seçeneklerinin ayarlanması bkz. Bölüm 7.1)

- Yardımcı fiziksel parametreler

Burada konvektif parametreler, mikroturbulent güç, olası dış ışınlama yoğunluğu bulunur, örneğin sonraki bölümde açıklandığı gibi kullanıcının bu fiziksel mekanizmaların içermeyenin içerimini seçme şansı vardır ve eğer öyleyse karşılık gelen sayısal değerler ayarlanır. Bu parametreler opsiyonel işaret dosyası ile doğrudan bağlantılı olup bölüm 6'da ayrıntılı anlatılmıştır.

- Temel ayrıklaştırma parametreleri

Bu kategori karşılık gelen yapısal denklemler ayrıklaştırıldığında, derinlik sayısı, frekanslar ve açılı noktaları kullanımını içerir. Derinlik sayısı ve açılı noktaları karşılık gelen opsiyonel parametreler tarafından ayarlanır. Bireysel kolon kitleleri (standart atmosferdeki derinliği ifade eder) gerçek değerleri ya giriş modelde ya da başlangıç LTE-gri atmosfer modelinde oluşturulur. 6.3 Karşılık gelen parametreler ayrıca opsiyonel parametrelerde de ayarlanabilir bkz. bölüm 6.3. Hiçbiri belirtilmezse varsayılan değerler kabul edilir. Frekans noktalarının toplam sayıları TLUSTY tarafından ayarlanır ve çizgiler ile süregelen açıklık uygulamalarının gerçek seçimine bağlıdır. Kullanıcı standart giriş -bkz bölüm 5.2 ve birçok opsiyonel parametrelerin seçimi ile -bkz. 6.2 ve

6.11 bazı yönleri etkileyebilir

- Sayısal opsiyonlar

Sayısal yönleri kontrol etmek için birçok işaret vardır ve genellikle opsiyonel parametreler olarak bildirilir -bkz. bölüm 6 ve 7 Yukarıda belirtildiği gibi atomik veri dosyaları bu kategorinin bazı işaretleri içerir. Model hesaplama, herhangi bir özel opsiyonel işaretler dosyası

olmadan iyi devam ederse opsiyonel parametrelerin varsayılan değerleri tatmin edici bir sayısal strateji sağlar, kullanıcı bu dosyayı kurmak zorunda değildir. Ancak durumların birinde birileri opsiyonel parametreleri ayarlama ihtiyacı duyabilir bu durumda temel bilgileri bölüm 7' den elde edebilir, daha özel kullanıcıların da bölüm 6'yı detaylıca incelemeleri tavsiye edilir.

5 STANDART GİRİŞ

Şimdi tek tek giriş parametrelerinin ayrıntılı tanımlamalarına dönüyoruz. Standart giriş 4 temel blok'tan oluşur:

5.1 Birinci Blok – Temel Parametreler

Bu blok sadece 3 giriş satırı içerir.

- **1. Satır**

Atmosfer ve disklerin farklılıkları için tek giriş kayıdır; her iki temel opsiyon için bütün giriş değerleri aynı anlama sahiptir

- Yıldız atmosferler için

TEFF –Efektif sıcaklık [K]

GRAV – $\log g$ [cm s^{-2}]

- Yığılma diskleri için

XMSTAR –Merkez nesnenin kütlesi. 3 olasılık vardır:

- $XMSTAR > 0$ – Bu durumda merkez nesnenin bir yıldız olması gerekir; yapının hesaplanması klasik yaklaşım ile yapılır. Kütle gram olarak ya da güneş kütlesi olarak ifade edilebilir.

- $XMSTAR < 0$ –bu durumda merkez obje bir karadeliiktir; yapının hesaplamalar genel relativistic düzeltmeler ile yapılır. Karadeliğin kütlesi abs (XMSTAR)' dan sonra yine gram veya güneş birimi olarak ifade edilir.

- $XMSTAR = 0$ –bu durumda girişin, izleyen dört miktarın anlamları farklıdır; temel parametreleri kullanmak yerine M_* , \dot{M} , R_* , and R/R_* or R/R_g , merkez objeye açık referans olmadan bir halka için belirli parametrelerin kullanımı; şöyle ki T_{eff} , Q , and m_0 .

XMDOT –kütle yığılma oranı g/s ya da M_{\odot}/yr olarak ifade edilebilir.

RSTAR –Yine, iki farklı anlam klasik ya da genel relativistic merkez objeyi dikkate alıp almadığına bağlıdır.

- Klasik durumda RSTAR merkezi yıldızın yarıçapı (in cm or in R_{\odot});
- Karadelik genişlemesi durumunda, RSTAR, geometri birimlerle (Schwarzschild karadeliği için i.e. =0; Kerr karadeliği maksimum rotasyonu =0.998) ifade edilen karadeliğin dönüşlerinin anlamını taşır (açısal momentum)

RELDST –yıldız yarıçap (klasik durumda) ya da yerçekimi yarıçapı (karadelik durumunda) ile ilgili verilen halkanın göreceli mesafesi. Yerçekimi yarıçapı $R_g = GM/c^2$ ile tanımlanır. Uyarı: Schwarzschild yarıçapı, bazı yazarların kullanmakta olduğu referans yarıçap $R_S = 2R_g$ olarak verilmiştir.

Alternatif durumda, XMSTAR = 0 olduğu zaman, girişin ilk satırındaki müteakip 3 sayının şu anlamı vardır:

TEFF – efektif sıcaklık [K]

QGRAV – Orantı katsayısı Q, z-bağımlı yerçekimi ivmesini hesaplamak için $g=Qz$. Klasik durumda $Q = \Omega_K^2$, Ω_K 'nin Kepler hızı olduğu yerde $\Omega_K = (GM/R^3)^{1/2}$

DMTOT –merkez hattında stün kütlesi [g]

- **2. satır**

LTE – bir LTE modelin hesaplanabilir olup olmadığını gösteren mantıksal bir değişken.

= .TRUE. – LTE model hesaplanır

= .FALSE. – NLTE model hesaplanır

LTGRAY –bir LTE-gri modelin, doğrusallaştırma yinelemeleri için başlangıç yaklaşım olarak hesaplanır olup olmadığını gösteren bir mantıksal değişken.

=.TRUE. – LTE-gri model başlangıç model olarak hesaplanır

=.FALSE. – LTE-gri model hesaplanmaz; kullanıcı bir başlangıç model atmosfer sağlamak zorundadır – bölüm 8 giriş.

- **3. satır**

FINSTD –opsiyonel parameter değerlerini içeren dosya adını taşıyan değişken (en fazla 20 karakter) ='' (null string) – bütün opsiyonel parametreler onların varsayılan değerlerinden alınmıştır – sonraki bölüme bakınız.

5.2. Blok - Frekanslar

Frekans noktaları ve kareleme (dördün) ağırlıkları, genel özellikleri opsiyonel parametreler tarafından verilen aşağıdaki program tarafından otomatik olarak ayarlanır ve bu blok genellikle sadece 1 satır içerir. Aksi takdirde bu blok bütün frekans noktaları ve ağırlıkların (kullanıcı tarafından ayarlanan) açık değerlerini içerebilir, önceki versiyonda olduğu gibi. Belirtmeliyizki devamlılığı tanımlanan frekans noktaları genellikle burada ayarlanır; Hatların içindeki frekans noktaları (Kabul edilir ise) program tarafından varsayılan olarak ayarlanır. **Frekansların otomatik ayarlanması**

Bu durumda bu blokta sadece bir Numara içeren tek bir giriş satırı vardır.

NFREAD –frekans noktaları sayılarının göstergesi

> 0 – program devam eden frekansları otomatik olarak ayarlar. Ayarlamaların detayları birçok opsiyonel parametre tarafından yönetilir (FRCMAX, FRCMIN, CFRMAX, NFTAIL, and DFTAIL – bkz. Bölüm6.2). Varsayılan durumunda program, tüm açık seviyelerden, yakın karşılık gelen süreksizliklerden bağlı-serbest geçişlere iki frekansı ayarlar, artı, yaklaşık NFREAD frekansları arasında, artı, spektrumun yüksek-düşük frekanslarının uçlarındaki noktaların sayısı. Yüksek ve düşük frekansların uçlarının bitim noktaları opsiyonel FRCMAX ve FRCMIN parametreleri tarafından belirlenir; Yüksek frekanstaki uç noktalarının sayısı opsiyonel NFTAIL ve DFTAIL parametreleri tarafından belirlenir (yani FINSTD giriş dosyasında karşılık gelen tanımlamalarla değiştirilebilir)

NFTAIL < 0 durumunda, NFREAD frekans noktaları vardır, FRCMIN ve FRCMAX arasında logaritmik paralellik ayarlanır

< 0 – program frekans noktaları ve ağırlıkları standart girişten okur. Bu durumda abs(NFREAD) frekans noktalarının sayısı okunacaktır.

Sürekliliği tanımlamak için frekans noktalarının otomatik olarak ayarlanmasında (satırlar dikkate alındığında satır frekansları otomatik olarak ayarlayacaktır), tüm frekans noktaları varsayılan olarak görülecektir (yani tüm bu frekans noktaları için IJALI=1). Bunu değiştirmek için, uygun bağlı-serbest geçişler için IFR0 ve IFR1 parametreleri kullanılır.

Frekansların açık girişleri

. Bu durumda: bu blokta abs (NFREAD) ek giriş kayıtları vardır. Her kayıt aşağıdaki parametreleri içerir.

FREQ – (Hz) olarak frekans

W – Kareleme (dördün) ağırlıklarına karşılık gelen frekans

IJALI –CL/ALI metodunun temel anahtarı

=0 - frekans noktası açıkça doğrusallaştırımı

> 0 - ALI şeması tarafından uygulanan frekans noktası (ALI noktası olarak adlandırılan)

Notlar

i) Bu blokta okunan frekans noktaları “sürekli” frekans noktaları olarak adlandırılmalarına rağmen, ayrıca bazı seçilmiş satırları tanımlayabilirler. Eğer bir satırda zaten NFREAD frekansları içinde tanımlanmış noktaların tüm set’i varsa, ilgili giriş bu satır için frekans noktaları tekrar ayarlanmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Ancak yine belirtmeliyiz ki programın kullanımı büyük çoğunlukla yukarıda ele alınan frekans noktaları sürekliliği kapsayacak şekilde ele alınmalıdır; Frekans noktaları satırları genellikle program tarafından ayarlanır(bkz. aşağı.). Bu genellikle önemle tavsiye edilen opsiyondur.

ii) Eğer frekans noktaları manual ayarlanırsa, akılda tutulmalı, frekans noktalarının sürekliliği frekanslar azaltılarak sağlanmalıdır.. Daha sonra spektral çizgilerdeki frekans noktaları (genellikle program tarafından ayarlanır) isteğe bağlı bir şekilde düzenlenebilir.

iii) Belirtmeliyiz ki doğrusallaştırılmış frekans noktaları evrensel tariflerdir. En iyi seçimler neredeyse hiç değmeyecek olduğunu düşünsek bile kapsamlı deneylerle bulunur. En mantıklı strateji doğrusallaştırılmış hale gelmesi için, basitçe birkaç (1-3) en fazla donukluk sürekliliği içinde birkaç (24) frekans noktasını ayarlamaktır. Bazı durumlarda doğrusallaştırılmış hale gelmesi için herhangi bir nokta seçmeye gerek yoktur.

5.3. Blok – Açık atomlar

Bu blok önceki versiyondaki atomların giriş blok’una benzer ancak önemli ölçüde basitleştirilmiştir. Bu blok NATOMS’un değerleriyle bir kayıt ve sonra NATOMS’un her bir tür için MODE, ABN, MODPF parametrelerini içeren. benzer kayıtlarını içerir. Herbir kaydın

sırası kesinlikle atom numarasını takip etmelidir (öreneğin H, He, Li, Be, B, C, N, O, vb.) Şu anda TLUSTY sadece 1-30 arası (yani H – Zn) atom numaralarını uygulamaktadır. Sonraki versiyonda tüm kimyasal türlerin kullanımına izin vermesi planlanmaktadır. Genellikle bir kimyasal element, hidrojenden çinko' ya, aşağıdaki 3 seçenekten birinde Kabul edilebilir

0. Hiç dikkate alınmaz.

1. Dolaylı – atomun donukluğa katkıda bulunmadığı varsayılır; fakat parçacıkların toplam sayısı ve toplam yüke katkıda bulunmasına izin verilirse LTE iyonizasyon balansını varsayarak değerlendirir, yani Saha denklem kümesini çözerek.

2. Açıkça – bazı enerji seviyelerinin bazı iyonizasyonlarının konumları açıkça Kabul edilir, yani popülasyonları istatistiksel denge çözülerek belirlenir.

Giriş parametrelerinin tanımlamaları aşağıdadır:

NATOMS –Kabul edilen elementin en yüksek atom numarası (açık yay a açık olmayan)

< 0 - abs(NATOMS) yukarıdaki gibi anlam taşır. Opaklık(donukluk) projesiyle Kabul edilen türlerin tüm bölüm fonksiyonları MODPF parametresi dikkate alınmadan opaklık projesi iyonizasyon kesir tablosundan hesaplanır.

MODE –verilen türlerin uygulama modlarının tanımlaması

= 0 – element kabul edilmemişse (option 0);

= 1 – element açık olmayan ise (option 1);

= 2 – element açık ise (option 2).

ABN – verilen türlerin bolluk tanımlaması:

= 0 –güneş bolluğu kabul edilir;

< 0 - solar olmayan bolluk kabul edilir, şimdi abs(ABN) bolluğun anlamı, güneş bolluğunun katları olarak ifade edilmiştir (– 0.1 güneş $1/10^5$ 'u anlamında, -5 5 kat güneş bolluğu anlamında) > 0 $-N(\text{elem})/N(\text{ref})$ olarak ifade edilen solar olmayan ABN bolluk olarak kabul edilir. Yani referans türler için numarasına göre göreceli. Referans atom varsayılanına göre H'dir, ancak referans türler opsiyonel parametre IATREF 'in yoluyla değiştirilebilir.

$> 10^6$ –homojen olmayan (derinlik-bağımlı) bolluk Kabul edilir. Bu durumda takip eden ND satırları bolluğun bireysel değerlerini içermelidir(sayı olarak Hidrojen'e göre göreceli), bütün derinlik noktaları için ID=1,ND.

MODPF –verilen türler için bölüm fonksiyonlarının değerlendirilmesinin modunu belirten bir işaret. Dikkat edilmeli ki bu, NATOMS kodları tarafından negatif olarak tekrar yazılmış olabilir – bkz. yukarı.

= 0 - Traving, Baschek ve Holweger (1966) – altyordam PARTF^c dan sonra bölüm fonksiyonlarının standart bir değerlendirmesi.

> 0 –Bölüm fonksiyonları Opaklık projesi iyonizasyon kesir tablosundan değerlendirilmiştir. Önceki versiyonların aksine bu girişin, açık türlerin ilk ve son seviyelerinde herhangi bir endeks içermediğine dikkat edin. Bunlar program tarafından ayarlanır.

5.4. Blok – Açık iyonlar

İyonik parametreler için giriş bloğu hem atomik hem de hesaplamalı olanlar için yeni giriş formatı oldukça basitleştirilmiştir. Her bir iyon için, verilen türlerin iyonizasyon derecesi en yüksek olan da dahil olmak üzere aşağıdaki parametreleri içeren tek bir giriş kaydı vardır.

IATII - İyonun ana türlerinin atom numarası (yani hidrojen için 1, helyumun bütün iyonları için 2 gibi)

IZII –İyonun yükü (nötr için 0, 1 kez iyonize için 1 gibi)

NLEVS –Açık Kabul edilen enerji düzeylerinin sayısı

ILAST –; Verilen iyonun kabul edilen en yüksek iyonizasyon dereceli olup olmadığını gösterir: =0 – ana iyonların en üst iyonu değildir; daha sonraki giriş kaydı sonraki daha yüksek iyon için parametreler içermelidir.

> 0 – iyon ana türlerin en yüksek iyonizasyon derecesidir.

= 1 –program bu iyon için zemin konumunun doğru istatistiksel ağırlığını otomatik olarak atar;

≠ 1 – bu iyonun Zemin konumun istatistiksel ağırlığı anlamına gelir;

< 0 –Açık iyonun son giriş kaydının blok’ unu gösterir.

ILVLIN –Geçişler için ayrıntılı girişleri dikkate almadan, bağlı-bağlı bütün grupların geçişlerinin uygulamalarının değiştirilmesinin göstergesi. ILVLIN; düşük seviyenin göreceli indeksi ile radyatif balansta detaylandırılmış ILVLIN’ den daha küçük tüm satırlar anlamındadır. göreceli indeks seviyeleri iyonun içinde sayar; yani iyonun Zemin konumunda göreceli indeks 1, son kabul edilen seviye NLEVS’ dir. Örneğin ILVLIN = 2 zemin

konumundan gelen bütün satırları detaylı ışınlam balansına koyar, genellikle yararlı bir seçenektir. ILVLIN > NLEVS ayarı, iyonun tüm satırlarını detaylı balansa koyar.

Bu seçenek LTE, NLTE/C, and NLTE/L modelleri için aynı iyonik giriş dosyalarını dikkate almak için olarak tanır.

NONSTD –iyon için standart olmayan özel parametreleri değiştirmek için ek giriş kaydının göstergesi (bunlar, uygulamaların çoğu için en iyiyi sağlamak için varsayılan olarak atanmıştır) , ya da kabul edilen Donukluk Dağıtım Fonksiyonları (ODF) iyon uygulamalarında gerekli dosya isimlerini sağlamak içindir. (tipik demir yoğunluğu elementleri)

= 0 – gerekli standart olmayan parametrelerde değişiklik

olmaz > 0 –standart olmayan parametreler ile ek kayıt – bkz.

aşağıya.

< 0 – ODF bölümü ve dosya isimleri ile ek kayıt – bkz. aşağıya

TYPION –tanımlayıcı bir etiket içeren 4 değişkenli bir karakter, örn. He⁺ için ‘He 2’.

FILEI –açık seviyeler için parametrelerin detaylandırıldığı girişte, bağlı-serbest ve bağlı-bağlı geçişlerin depolandığı yerde dosya adını içeren değişken bir karakter.. Bu dosyanın yapısı bölüm6’ da detaylıca tanımlanmıştır.

İyon için kabul edilen seviyelerin sayısı, NLEVS, FILEI dosyasında verilen seviyelerin sayısını aşmamalıdır. Bununla birlikte NLEVS daha küçük olabilir; böyle bir durumda mevcut çalışma FILEI dosyasından daha düşük NLEVS seviyelerini seçer.

5.5 Bireysel iyonlar standart standart dışı parametreler, opsiyonel parametreler:

Standart girişin (aşağıdaki bölüme bakın) NONSTD parametresi pozitif olarak kodlanmış ise, program aşağıdaki 4 parametre ile ek kayıtları okur:

IUPSUM –daha yüksek toplam popülasyonun değerlendirilmesi modu, açık olmayan, iyon LTE enerji seviyeleri-üst toplamı

= 0 –bölüm fonksiyonları ile hesaplanan (bkz Hubeny 1988);

> 0 –hemen hemen en yüksek açık seviye ve IUPSUM ile biten kuantum sayısı ile başlayan hidrojenik seviyelerin popülasyonlarının bir toplamı olarak hesaplanır; < 0 – işgal olasılığı formu (Hubeny, Hummer, & Lanz 1994). Hidrojen için DEFAULT: IUPSUM=-100; diğer türler için IUPSUM=0

ICUP – “değiştirilmiş çarpışma iyonlaşma oranı” olarak dikkate alınır”, yani çarpışma içine uyarma ve çarpışmadan ters uyarma, yüksek, açık olmayan iyonun LTE enerji seviyeleri için izin verir:

= 0 –bu katkı ihmal edilmiştir;

> 0 –Hemen hemen en yüksek açık seviye ve ICUP ile biten kuantum sayısıyla başlayan içe oran ve ortalama seviyelerden (hidrojenik) katkılarının bir toplamı olarak hesaplanır. Bütün iyonlar için DEFAULT: ICUP=16 fakat He II; He II için ICUP=32.

MODEFF –enine kesit serbest-serbest değerlendirme modu

= 0 –serbest-serbest donukluk ihmal edilmiştir;

= 1 –Gaunt faktörü ile hidrojenik enine kesit bütün olarak ayarlanır;

= 2 – kesin Gaunt faktörü ile hidrojenik enine kesit;

< 0 –kullanıcı tarafından tedarik edilen alt program FFCROS standart dışı anlatımı. H I için DEFAULT: MODEFF=2 He II; bütün diğer iyonlar için MODEFF=1

NFF –”değiştirilmiş serbest-serbest” opaklık modu, örneğin iyonun, daha yüksek, açık olmayan, LTE enerji seviyelerinin fotonizasyonuna izin verir:

= 0 – bu katkı ihmal edilmiştir;

> 0 –ilk açık olmayan seviyenin asıl kuantum sayısı DEFAULT: NFF=0 eğer standart girişin NONSTD parametresi negative olarak kodlandıysa program aşağıdaki 4 parametre ile ek kayıtları okur:

INODF1, INODF2 –ODF giriş için birim numarası. Eğer sıfır iseler program sayıları otomatik olarak atar.

FIODF1, FIODF2 –süper-çizgi verilerinin dosya isimleri

–satırların ODF uygulamalarının durumunda karşılık gelen ODF dosya isimleri ; –OS durumunda; Kurucz seviyesi veri dosyası ilk dosyadır (örn, gf2601.gam, Fe II için), ikinci dosya satır veri dosyasıdır (gf2601.lin).

FIBFCS –süper seviyeler için enine kesitlerin fotonizasyonunu içeren dosya adı. IFANCY (bkz bölüm8.2) parametreleri dahaönce oluşturulmuş dosyalardan 50 ile 99 arasında bir değer seçerek enine kesitleri okumaya ayarlanmıştır, fakat eski format girişin aksine IFANCY bir birim numarası anlamına gelmez.

ODF ve OS giriş dosyalarının detaylı tanımları bölüm 6.11’de verilmiştir.

5.6. Bir örnek

$T_{\text{eff}} = 35,000$ K, $\log g = 4$, sadece H ve He ile oluşan basit bir LTE model atmosfer, belki TLUSTY 200 tarafından aşağıdaki gibi standart girdi kodlarıyla inşa edilebilir:

```

35000. 4.0          ! TEFF, GRAV

T T                ! LTE, LTGRAY

''                ! genel opsiyonel parametreleri deęiřtirmeyin

*-----

* frequencies
50                ! NFREAD

*-----

* data for atoms

*
2                ! NATOMS

*   mode abn modpf
2   0 0
           2 0 0

*-----

*   data for ions

*

*iat   iz      nlevs ilast ilvlin nonstd typion filei

           1   0   9   0   100   0   'H 1' 'h1.dat'

1   1   1   1   0   0   'H 2' ''

2   0   14  0   100  0   'He 1' 'he1.dat'

```



```

2      1 14   0      100   0      'He 2' 'he2.dat'

      2      2      1      1      0      0
      'He 3' ' ' '      0      0      0      -1
      0      0      '      ' ' '

*

*      end

```

H, He I ve He II atomik verileri sırasıyla h1.dat, he1.dat, he2.dat dosyalarında saklanır. Burada model atomların, iyonların sırasıyla 9,14 ve 14 seviyelerini içerdiğini varsayalım. H II ve He III 1. Seviye iyon olarak alınır. Not: en yüksek H II ve He III iyonlarıyla ilişkili ek giriş dosyaları yoktur.

```

*

1      0      9      0      0      0      ' H 1' 'h1.dat'

1      1      1      1      0      0      ' H 2' ' '

2      0      14     0      0      0      'He 1' 'he1.dat'

2      1      14     0      0      0      'He 2' 'he2.dat'

2           2      1      1      0      0      'He 3' ' '

0           0      0      -1     0      0      '      ' ' '

```

Tüm frekans noktaları her durumda en yüksek ($h\nu_{\max}/kT_{\text{eff}} = 38$ gibi- sonraki bölüme bakınız) frekans, en düşük $\nu_{\min} = 10^{12}$ frekans varsayılan değerleri ile otomatik olarak ayarlanır. Frekans sayıları yaklaşık olarak $50+2\times(9+14+14)+20 = 144$ (yani; NFREAD + meydana gelen bağlı serbest geçişten sayıların seviyesinin 2 katı + kısa-uzun dalgaboylarının uçlarında 20 nokta); program tarafından ayarlanan noktaların gerçek sayısı 143'tür.

5.7 Başka bir örnek: NLTE örtülü hat O yıldız modeli atmosfer

NLTE örtülü hat O yıldız atmosfer modeli için $T_{\text{eff}} = 35,000$ K, $\log g = 4$, metalik 5. Güneş ile sağlanan karmaşık bir örnek. Bu örnek Ostar2002 sistemini hesaplamak için kullanılan verilere karşılık gelir (Lanz & Hubeny 2003).

```

35000. 4.0
F F          ! LTE,
              LTGRAY
'nst'       ! dosya adı standart olmayan işaretleri içerir
*
* frequencies
*
2000
*
* data for atoms
*
30          ! NATOMS
*
mode abn modpf
2  0.  0    ! H
2  0.  0    ! He
0  0.  0
0  0.  0
0  0.  0
2 -0.2  0 ! C

```

2 -0.2	0 ! N
2 -0.2	0 ! O
1 -0.2	0
2 -0.2	0 ! Ne
1 -0.2	0
1 -0.2	0
1 -0.2	0
2 -0.2	0 ! Si
2 -0.2	0 ! P
2 -0.2	0 ! S
1 -0.2	0
1 -0.2	0
1 -0.2	0
1 -0.2	0
1 -0.2	0
1 -0.2	0
1 -0.2	0
1 -0.2	0
2 -0.2	0 ! Fe
1 -0.2	0
2 -0.2	0 ! Ni
1 -0.2	0

* 1 -0.2 0

* data for ions *

*iat iz nlevs ilast ilvlin nonstd typion filei

*

1		0	9	0	0	0	' H 1' 'data/h1.dat'
1	1	1	1	0	0		' H 2' ' '
2	0	24	0	0	0		'He 1' 'data/he1g.dat'
2		1	20	0	0	0	'He 2' 'data/he2g.dat'
2		2	1	1	0	0	'He 3' ' '
6	1	22	0	0	0		' C 2' 'data/c2g.dat'
6		2	23	0	0	0	' C 3' 'data/c3g.dat'
6		3	25	0	0	0	' C 4' 'data/c4g.dat'
6	4	1	1	0	0		' C 5' ' '
7	1	26	0	0	0		' N 2' 'data/n2g.dat'
7	2	32	0	0	0		' N 3' 'data/n3g.dat'
7		3	23	0	0	0	' N 4' 'data/n4g.dat'
7	4	16	0	0	0		' N
5	'data/n5g.dat'	7	5	1	1	0	0
							' N 6' ' '
8	1	29	0	0	0		' O
2	'data/o2g.dat'						
8	2	29	0	0	0		' O 3' 'data/o3g.dat'
8		3	39	0	0	0	' O 4' 'data/o4g.dat'
8		4	40	0	0	0	' O 5' 'data/o5g.dat'
8		5	20	0	0	0	' O 6' 'data/o6g.dat'

8		6	1	1	0	0	'O 7' ''
10		1	15	0	0	0	'Ne 2' 'data/ne2g.dat'
10		2	14	0	0	0	'Ne 3' 'data/ne3g.dat'
10		3	12	0	0	0	'Ne 4' 'data/ne4g.dat'
10	4	1	1	0	0		'Ne 5' ''
14							

5.8 Kullanılan opsiyonel parametreler

NLAMBD=3,ND=50,VTB=10.ISPODF=1,DDNU=0.75,CNU1=6.

Model atmosfer 11 açık atom, 45 açık iyon ve 907 NLTE (super) seviyelerini içerir. Donukluk örnekleme (ISPODF=1), tipik bir adım demir için 0,75 referans Doppler genişliği ile kullanılmıştır.

Bütün spectrum 184,136 frekansla temsil edilmiştir. Radyasyon alanı 17 frekansta doğrusallaştırılmıştır

6 OPSİYONEL PARAMETRELER

Yaklaşık 160 farklı opsiyonel parameter vardır. Opsiyonel parametreler; programın çoğu uygulamalar için optimum değer ya da en mantıklı değeri sağlayarak varsayılan bir değer ataması olarak tanımlanır. Opsiyonel parametrelerin küçük bir kısmı çoğu uygulamalar için sıfır olan konvektif karıştırma uzunluğu ya da mikroturbulent gibi gerçek fiziksel parametrelerdir. Ancak, opsiyonel parametrelerin çoğunluğu, sayısal metodun ayrıntılı olarak ayarlanmasını belirten çeşitli hesaplama işaretleridir. NOT: ortaya çıkan model atmosferin gelişmişliğinin genel derecesi sonraki bölümde açıklanan iyonik giriş dosyaları tarafından belirlenir. Bu bölümde opsiyonel parametreleri sayısal parametreleri etkileyecek olan, yakınsama hızı(veya bunların eksikliği), toplam bilgisayar zamanı, sayısal doğruluk, yardımcı çıkışın derecesi gibi parametreleri yukarıda belirtilen fiziksel parametrelerin dışında ele alacağız. Bütün opsiyonel parametreleri aşağıda belirtilen 14 kategoriye ayırdık.

1. Yardımcı fiziksel parametreler
2. Frekans noktalarının otomatik ayarlanması
3. LTE-gri modelin belirlenmesi
4. Başlangıç model atmosferi değiştirmek için işaretler
5. Işınım transferi denkleminin sayısal sayısal ayarlamaları ve yaklaşık Λ operatörü için işaretler
6. İstatistiksel denge denkleminin uygulamalarını seçmek için işaretler
7. Küresel yineleme döngü kontrolü için işaretler
8. Doğrusallaştırma matrislerini kurmak için parametreler
9. Ek opsaiteler tanımlayan parametreler
10. Konveksiyonun sayısal uygulamalarını tanımlayan parametreler
11. Çizgi örtüşmeleri uygulamaları için parametreler
12. Küresel hızlanma şemalarını belirten parametreler
13. Çeşitli yardımcı parametreler
14. Ek çıkışın miktarını belirleyen parametreler

Adı standart parametre FINSTD (önceki böl. bkz) tarafından belirlenen dosya, oponların standart olmayan değerlerinden değiştirilmiş opsiyonel parametrelerin bir listesini içerir. Giriş formatı çok basittir, şöyle ki;

PARAM1=VALUE1,PARAM2=VALUE2.

Aşağıda belirtilen parametrelerin isimleri, parametrelerin karşılık gelen sayısal değerleridir PARAM1, VALUE1 gibi. Bireysel girişler özel karakterlerden biri tarafından sınırlandırılır: virgül (,), boşluk, sağ ya da sol parantez (()), yıldız (*), eğik çizgi (/) ya da satır başı. Herhangi bir düzende ortaya çıkabilir. Eğer listede bir parameter görünmüyorsa program tarafından onun varsayılan değeri Kabul edilmiştir. Bir parametrenin adı büyük harflerle kodlanmış olmalıdır. Örneğin sayısal değerler VALUE1 gibi 6 karakter uzunluğuna kadar çıkabilir. Giriş sistemi Carlsson'un MULTI (Carlsson 1976) programından adapte edilmiştir, biz onun rutinleri GETWRD ve RINPUT'u kullandık ve değiştirdik.

İpucu: Parametreler değiştirildiğinden beri büyük harflerle belirtilmek zorundadır. Bir harf değiştirilerek daha düşük duruma getirilen parametre "dışında yorum" olarak kullanılıyor olabilir, parameter daha sonra yeniden eski durumuna getirilebilir. Örneğin

ITEK=8 kodlaması

8. Yinelemede Kantorovich ivmesinin (bkz. bölüm 6.12) başlangıcına etki eder; ayarlarken

ITE=8 ya da itek=8 ya da iTEK=8'in etkisi yoktur ve ITEK varsayılan değeri (ITEK=4)'ü üstlenir.

Bu bölümün geri kalan kısmında varsayılan değerleriyle birlikte bütün bireysel opsiyonel parametrelerin detaylı tanımını yapacağız. Sonunda, yakınsama zorluklarıyla karşılaşıldığı zaman değiştirilecek olan bazı en önemli opsiyonel parametreleri listeleyeceğiz.

6.1 Yardımcı fiziksel parametreler:

HMIX0 –Karıştırma uzunluk parametresi:

> 0 – konveksiyon kabul edilir; HMIX0 karıştırma uzunluğu anlamındadır;

= 0 – konveksiyon bastırılır, ancak adyabatik ve ışınlım eğimleri hesaplanmış ve basılmıştır; < 0 - konveksiyon bastırılır ve eğimler hesaplanmamıştır.

DEFAULT:HMIX0=-1.

MLTYPE –Karıştırma uzunluğu türü yönergesi için anahtar:

=0 veya 1 – normal karıştırma uzunluğu (tip 1);

= 2 – Sözde ML2 yönergesi (Fontaine et al 1981; Bergeron et al. 1992) DEFAULT: MLTYPE=0.

VTB – Mikrotürbülans hızı; km s^{-1} ya da cm s^{-1} – bir sayısal değer $< 10^3$ içinde mikrotürbülans hızının km s^{-1} ile ifade edildiğini gösterir.

IP TURB – Switch for setting the effects of microturbulent velocity: mikrotürbülans hızının etkilerini ayarlamak için anahtar

= 0 – çalkantı hızı sadece Doppler genişliklerini değiştirmek için kabul edilir fakat (sıfıra ayarlanan) çalkantı basıncı için kabul edilmez;

= 1 – türbülans basıncı hem Doppler genişlikleri hem de $P_{\text{turb}} = (1/2)\rho v_{\text{turb}}^2$ ile hesaplanan türbülans basıncını belirlemek için kabul edilir DEFAULT: IPTURB=1.

TRAD – Dış ışıınım parametreleri:

= 0 – dış ışıınım kabul edilmiştir;

> 0 – dış ışıınım yoğunluğunun; W 'nin seyreltme faktörü, B 'nin Planck fonksiyonu ve gelen ışıınım karakteristik sıcaklığının T_* olduğu yerde, $I_{\nu}^{\text{irrad}} = W B_{\nu}(T_*)$ tarafından verildiği varsayılır. TRAD parametresi T_* 'nin anlamından sonra vardır. < 0 – Işıınlanmış yoğunluk tüm frekanslar için okunur. DEFAULT: TRAD =0.

WDIL –Seyreltme faktörü W (sadece eğer TRAD > 0 ise anlamı vardır). DEFAULT: WDIL=1.

• Disk modellerine özel parametreler:

ALPHAV – Viskozite parametresi α . If > 1 ise, ALPHAV Reynold sayısı anlamına gelir.

DEFAULT: ALPHAV=0.1

IVISC – derinliğe bağlı viskozite uygulamalarının modu:

≥ 0 – derinliğe bağlı viskozite; kinematik viskozitenin derinlik bağıllığı Hubeny & Hubeny (1998) tarafından açıklandığı gibi iki adım güç yasası olarak uygulanırken, ALPHAV parametreleri yoluyla verilen α ortalaması ile belirlenir. Bu durumda fazladan 4 parametrenin belirlenmesi gerekiyor:

İki güç yasası kuvvetleri ζ_0 ve ζ_1 , bölünme noktası DMVISC ve iç katmandaki enerji dağılım kesri, bkz. aşağıya FRACTV.

= 2 –Yerel viskoz gerilimi $t_{gr} = \alpha P_{\text{gas}}$ tarafından verilir; α yerel viskoziteyi belirler. Ek detaylar için EK2'ye bakınız. DEFAULT: IVISC=0

ZETA0 – ζ_0 viskozite parametresi

DEFAULT:ZETA0=0 (viskozite iç katmanlarda sabittir).

ZETA1 – ζ_1 viskozite parametresi

DEFAULT:ZETA1=0 (viskozite dış katmanlarda sabittir).

FRACTV –f viskozite parametresi; iç katmanlarda dağılan enerji kesri (ζ_0 güç yasası kuvveti ile) ; eğer < 0 ise kinematik viskozite derinliğin sürekli bir fonksiyonu olarak varsayılır ve FRACTV kütle bölümü DMVISC yoluyla hesaplanır; DEFAULT: FRACTV=-1

DMVISC – Viskozite yönergesinde kütle bölümü m_0 . (m_{tot} 'un merkez hattında kütle sütunu olduğu yerde m_0/m_{tot} olarak ifade edilmiştir).

DEFAULT: DMVISC=0.01 (yani toplam sütun kütlelerinin %1'i “dış katmanlar” olarak kabul edilmiştir).

IZSCAL –Kütle sütunu, m , ya da geometriksel mesafe, z , yoluyla verilen temel derinlik ölçek belirleyici anahtar.

= 0 – temel ölçek m ölçeğidir. Bu durumda toplam sütun kütlesi LTE-gri modelde hesaplanır (ya da giriş modelden okunur) ve sabit tutulur. =1 - Temel ölçek z DEFAULT: IZSCAL=0

6.2 Frekans noktalarının otomatik ayarlanması

FRCMAX – Maksimum frekans.

= 0 –maksimum frekans:

a) Atmosferler için: $\nu_{\text{max}} = 8 \times 10^{11} T_{\text{eff}}$; yani $h\nu_{\text{max}}/kT_{\text{eff}} \approx 38$; olarak ayarlanır

b) Yığılma diskleri için: T_{mid} merkez hatta yerel sıcaklık olduğu yerde $h\nu_{\text{max}}/kT_{\text{mid}} = 17$

(efektif sıcaklık ve toplam sütun yoğunluğu Σ yoluyla $T_{\text{mid}} = 2.83 \times 10^{11} T_{\text{eff}} (0.2\Sigma)^{1/4}$ $h\nu_{\text{max}}/(kT_{\text{eff}}) = 38$ (bkz. Hubeny et al.2001) olarak, yaklaşık olarak değerlendirildi.

> 0 – maksimum frekans değeri.

Eğer diğer opsiyonel parametre CFRMAX 1'den büyük bir değer olarak ayarlanırsa, maksimum frekans, açık fotonizasyon sınırının en yüksek frekansıya, yukarıdaki ve CFRMAX zamanlarını maksimumlarına ayarlar DEFAULT: FRCMAX=0

CFRMAX – Maksimum frekans ayarlamak için yardımcı parametre. Atmosferler için
DEFAULT: CFRMAX=2, diskler için =0

FRCMIN –Minimum frekans.

= 0 – minimum frekans 10^{12} s^{-1} 'e ayarlanır.

> 0 – minimum frekansın değeri

DEFAULT: FRCMIN= 10^{12}

FRLMAX – Çizgi geçişlerinde maksimum frekans.

= 0 – çizgi geçişlerinde maksimum frekans FRCMAX'e ayarlanır.

> 0 – çizgi geçişlerinde maksimum frekansın değeri DEFAULT: FRLMAX=FRCMAX

FRLMIN – Çizgi geçişlerinde minimum frekans.

= 0 – çizgi geçişlerinde minimum frekans 10^{13} s^{-1} 'e ayarlanır.

> 0 – çizgi geçişlerinde minimum frekansın değeri DEFAULT: FRLMIN= 10^{13} 'e ayarlanır.

NFTAIL – Frekans noktalarının otomatik ayarını belirleyen bir parametredir.

> 0 – en yüksek frekans süreklilik sınırı ve FRCMAX tarafından verilen maksimum frekansın frekans noktalarının sayısı anlamına gelir. Bu durumda her bir süreklilik noktası sınırın hemen üstündeki ve altındaki her iki frekans noktası yoluyla temsil edilir, artı yüksek ve düşük frekans uçları, artı sınırlar arasındaki bazı frekanslar (ayrıca standart girişin NFRQ parametresinin tanımlamasına bakınız)

Entegrasyon Simpson formülü ile yapılır böylece NFTAIL bir tek sayı olması gerekir. Spesifik olarak Simpson entegrasyonu ile yapılan entegrasyon toplam uç noktalarını 2 parçaya ayırır her parça (NFTAIL/2+1)-point ile yapılır ve fotonizasyon sınırına yakın bölümü DFTAIL kez toplam aralığıdır. Bu karşılık gelen fotonizasyon oranının daha doğru değerlendirilmesini sağlayarak en yüksek süreksizlik frekansının sadece blueward frekans noktalarının yoğunluk şebekesini dikkate almasına imkan verir.

< 0 – frekanslar minimum ve maksimum frekanslar arasında $\log v$ içinde eşit olarak ayarlanır. Şimdi frekans noktalarının toplamsayısı tam olarak NFREQ'dur. Daha önceki versiyonda tamamen önemsiz sınırların etrafındaki frekansların çok sayıda gereksiz sayı oluşturmasına göre bu seçenek sıcak diskler için çok kullanışlıdır. DEFAULT: NFTAIL=21

DFTAIL – Bkz. aşağıya

DEFAULT: DFTAIL=0.25

6.3 LTE-gri model giriş

Yıldız atmosferler için:

TAUFIR – İlk derinlik noktasında Rosseland optikal derinliği

DEFAULT: TAUFIR=1.d-7

TAULAS – Son derinlik noktasında Rosseland optikal derinliği

DEFAULT: TAULAS=3.16d2

ABROS0 –İlk derinlik noktasında Rosseland donukluğunun (gram başına) başlangıçtaki tahmini.

DEFAULT:ABROS0 = 0.4

TSURF – Yüzey sıcaklığının değerlendirme modudur:

= 0 – yüzey sıcaklığı ve Hopf fonksiyonu tam olarak değerlendirilir;

> 0 – yüzey sıcaklığının değeri TSURF'a ayarlanır ve Hopf fonksiyonunun sabit olduğu varsayılır, TSURF'a karşılık gelir (sadece pedagojik öneme sahiptir). DEFAULT: TSURF=0.

ALBAVE –Frekans-entegre albedo rüzgar örtüsü;

DEFAULT: ALBAVE=0 (rüzgar örtüsü yoktur)

DION0 – İlk derinlik noktasında iyonizasyon derecesinin başlangıçtaki tahmini (=1 tamamıyla iyonize; =1/2 tamamen nötr). DEFAULT: DION0=1.

NDGREY – LTE-gri modelini değerlendirmek için derinlik noktalarının sayısı. = 0 – NDCREY ND-1 olarak alınır

DEFAULT: NDCREY=0

IDGREY – İzleyen doğrusallaştırmada kullanılacak kütle derinlik cetveli saptanmasının modu:

= 0 – derinlik şebekesi DM (gramda cm^{-2}) Rosseland optik derinliklerine karşılık gelen ilk nokta TAUFIR ve son nokta TAULAS arasındaki logaritmalarda eşit mesafede aralıklı olan bir sütun kütlesi olarak değerlendirilir ve son bir nokta her halükarda TAULAS-1 olarak ayarlanır.

= 2 – derinlik şebekesi DM karşılık gelen Rosseland optik derinlik dizisi TAU0(ID)'nin giriş değerleri kadar değerlendirilir, ID=1,ND

= 1 – benzer şekilde fakat şimdi DM Rosseland optik derinliklerine karşılık gelen ilk nokta TAU1 ve son nokta TAU2 arasındaki logaritmalara eşit mesafede aralıklı olan bir kütle olarak değerlendirilir; son nokta olan TAUL(TAU1,TAU2 ve TAUL ile ek giriş parametreleridir). Bu opsiyon IDGREY=0 ile benzerdir fakat burada TAU1 ve TAU2, TAUFIR ve TAULAS'tan farklı olabilir. DEFAULT: IDGREY=0

IPRING –LTE-gri model hesaplamalarının tanı çıkışını kontrol eden bir işaretir:

= 0 – çıktı yok;

= 1 – sadece sonuç LTE-gri model yazdırılır;

= 2 – tüm iç yineleme sonuçları yazdırılır DEFAULT: IPRING=0

NCONIT – Konveksiyon ile bir gri model hesaplanması için iç yineleme sayısıdır DEFAULT: NCONIT=10

IHM – eğer sıfır olmayan ise, negatif hidrojen iyonu parçacık içinde ve talimatlar dizisinde

(altyordamda) şarj koruma olarak kabul edilir ELDENS; DEFAULT: IHM=0

IH2 – Eğer sıfır olmayan ise, hidrojen molekülü parçacık içinde ve talimatlar dizisinde şarj koruma olarak kabul edilir ELDENS; DEFAULT: IH2=0

IH2P – Eğer sıfır olmayan ise, iyonize hidrojen molekülü parçacık içinde ve talimatlar dizisinde şarj koruma olarak kabul edilir ELDENS; DEFAULT: IH2P=0

Yığılma diskleri için:

DM1 – İlk derinlik noktasında sütun kütlesi.

DEFAULT: DM1=1.d-3

ABPLA0 – İlk derinlik noktasında Planck opasitesi ortalamasının (gram başına) başlangıçtaki tahmini

DEFAULT:ABPLA0=0.3

ABPMIN – Planck opasitesi ortalamasının minimum değeri:

DEFAULT: ABPMIN=1.d-5

ITGMAX – LTE-gri model hesaplanmasında iç yinelemelerin sayısı DEFAULT: ITGMAX=10 **NNEWD** –LTE-gri modelinde derinlik şebeke değiştirme göstergesi.

=0 – hepsi için bir kere ayarlanır ve değişmez;

> - şebeşe NNEWD kez güncellenir. DEFAULT: NNEWD=0

TDISK – Eğer sıfır olmayan ve pozitif şekilde ayarlanırsa, diskin sıcaklığı anlamındadır ve yükseklikle sabit farzedilir (bu, bir izotermal diskin hidrostatik yapısını hesaplamak anlamına gelir) DEFAULT: TDISK=0 (yani, sıcaklık yapısı enerji denge denkleminin çözümünü belirler)

Diğer parametreler, ABROS0, NDGREY, IDGREY, IHM, IH2, ve IH2P, atmosferik durumunda olduğu gibi aynı anlama sahiptirler.

6.4 Başlangıç modeli atmosferi değiştirmek için işaretler

INTRPL –Giriş modeli atmosfer yeni derinlik ölçeğine ara değer hesaplanarak başlangıç model atmosfer elde etmeyi gösteren bir anahtardır. Detaylar için bkz. § 9.

= 0 – hiçbir ara değer hesaplama yok (yani, giriş ve güncel modellerde aynı derinlik şebekesi); >0 - giriş derinliği şebekesinden güncel olana ara değer hesaplama; gerçek aradeğer hesaplama şeması (INTRPL-1)inci çoklu aradeğer hesaplama düzenidir; < 0 – başlangıç model atmosfer Kurucz modelidir. DEFAULT: INTRPL=0

ICHANG – Giriş model atmosfer ile güncel arasında açık seviye yapısının değişmesini gösteren bir anahtar. Sadece NLTE modeller için bir etkisi vardır. Detaylar için bkz. § 9.

= 0 – Seviye yapısı değişmez (yani, giriş modelde ve güncel modelde aynı indeks ile aynı açık seviyeler gözönüne alınarak hesaplanır).

> 0 – Seviye yapısı basit değişimi- seviyeler sadece ilave edilir ve sadece yeni türler için;

< 0 – Yapının değişmesi; güncel modelde her seviye için detaylı bir ek girdi gereklidir.
DEFAULT: ICHANG=0

6.5 Işınım transfer denklemini ve yaklaşık Λ operatörü değerlendirmesini sayısal olarak ayarlamak için işaretler

NMU – Transfer denkleminin biçimsel çözümü için aç ı noktalarının sayısı; aç ılarda Gauss dördün kullanarak DEFAULT: NMU=3

ISPLIN – Işınım transfer denkleminin sayısal gösterim modu.

= 0 – sıradan ikinci derece Feautrier şemas ı

= 1 – yiv sıralama düzeni

= 2 – Auer'in dördüncü derece Hermitian şemas ı

= 3 – geliştirilmiş Feautrier şemas ı (Rybicki & Hummer 1991)

= 5 – kesintili sonlu elemanlar t şemas ı (DFE) (Castor, Dykema, & Klein 1992) DEFAULT: ISPLIN = 0

IRTE – DFE metodunun ayarlanması modu (sadece ISPLIN=5 ise etkilidir). Test için kullanıldığı gibi sadece tarihsel önemi olan birkaç seçenek vardır. DEFAULT: IRTE=1

IFALI – ALI modu uygulamaları için temel anahtar:

= 0 – ALI opsiyonu yoktur, yani tüm frekans noktaları açıkça doğrusallaştırılmıştır ve tüm sabit oran geçişleri sabit olarak uygulanır (TLUSTY orjinalindeki gibi – Hubeny 1988);

=1–4 – bazı kısıtlamalarla ALI şemas ı. Sadece tarihsel bir önemi vardır test amaçlı kullanılmıştır.

= 5 – diyagonal Λ_* ile tam ALI şemas ı;

=6 – tri-diyagonal Λ_* ile tam ALI şemas ı (bu seçenek versiyon 200' de uygun şekilde test edilmedi; bazı ayarlamalar için uygun şekilde çalışmadı). DEFAULT: IFALI=5

JALI – Λ_* operatör türünü belirlemek için bir anahtardır. = 1 - Λ_*

Rybicki-Hummer (1991) algoritması tarafından değerlendirildi; =

2 – Olson-Kunasz (1988) operatörü. DEFAULT: JALI=1

IFRALI – Bütün grubun frekans noktalarının ALI modunun küresel değişimi için bir anahtardır = 0 – ALI mod tüm frekanslar için bireysel frekans noktaları ve/veya bireysel geçişler için giriş tarafından belirlenir;

= 1 – çizgilerdeki tüm frekans noktaları ALI moduna ayarlanır (çizgi geçişleri için bir giriş yazan); = 2 – tüm frekans noktaları tamamen ALI moduna ayarlanır.

= -1 – tüm noktalar doğrusallaştırma modundadır, diğer girişler ne olursa olsun (yani orjinal tam doğrusallaştırma yöntemi). DEFAULT: IFRALI=0

IBC – Alt sınırında Λ_* uygulamalarının modu:

= 0 – J_v/S_v tarafından verilen derinlik noktaları ND ve ND-1'deki Λ_*

> 0 – derinlik noktaları ND ve ND-1'deki Λ_* Rybicki-Hummer ya da Olson-Kunasz algoritmaları tam olarak hesaplanır;

= 3 – ek olarak doğrusallaştırmada tüm uygun türevler tam olarak hesaplanır. DEFAULT: IBC=3

ILMCOR – Yaklaşık Lambda operatörüne elektron saçılması katkısının da dahil olduğu mod:

= 0 – Lambda operatörü kaynak işlevi üzerinde etki eden olarak tanımlanır. $S = \eta/(\kappa + \sigma)$, yani $J = \Lambda[\eta/(\kappa + \sigma)]$; burada η ve κ termal emisyon ve soğurma katsayıları ve σ saçılma katsayısı, $\sigma = n_e \sigma_e$, σ_e ile enine kesit electron saçılması olur.

=1 Lambda operatörü termal kaynak işlevi üzerinde etki eden olarak tanımlanır $S^{\text{th}} = \eta/\kappa$, i.e. $J = \Lambda[\eta/\kappa]$. DEFAULT: ILMCOR=1

ILPSCT – Ön koşullanma şemasında electron saçılma düzeltmesinine dahil edilen bir moddur.

= 0 – Lambda operatörü termal kaynak işlevi üzerinde etki eden olarak tanımlanır;

= 1 - Lambda operatörü formun kaynak işlevi üzerinde etki eden olarak tanımlanır $S = \eta/(\kappa + \sigma)$. DEFAULT: ILPSCT=0

ILASCT – Konum parametrelerine göre electron saçılma düzeltmeleri dahil olmak üzere kaynak fonksiyonu türevinin değerlendirmesini içeren bir moddur (T, n_e , ve popülasyonlar – altprogram ALIFR1):

= 0 – λ operatörü termal kaynak işlevi üzerinde etki eden olarak tanımlanır;

= 1 – λ operatörü formun kaynak işlevi üzerinde etki eden olarak tanımlanır $S = \eta/(\kappa + \sigma)$.

DEFAULT: ILASCT=0

DJMAX – DFE biçimsel çözümü durumunun ortalama yoğunluğun iç ALI yineleme döngüsü elektron saçılma uygulamaları için maksimum bağlı değişim. Sadece eğer ISPLIN=5 ve IRTE ≥ 3 ise bir etkiye sahiptir. DEFAULT: DJMAX=0.001

NTRALI – DFE biçimsel çözümü durumunun iç ALI yineleme döngüsü elektron saçılma uygulamalarının maksimum yineleme sayısıdır. Sadece eğer ISPLIN=5 ve IRTE ≥ 3 ise bir etkiye sahiptir. DEFAULT: NTRALI=3

6.6 İstatistiksel denge denklemlerinin uygulamalarını seçmek için işaretler

IATREF – Referans atomu ayarlamak için olan bir işaretler.

Referans atom ilgili tüm bolluklarda bir türdür (genellikle, fakat hidrojen gerekli olmadan). IATREF atomik türlerin indeksi açık türlerin numaralandırılması içinde adlandırılır. Bundan dolayı, örnek olarak; eğer H hiç açık olarak kabul edilmezse (mod 0 ya da 1) ve He açıksa, He için IAT indeksi 1'e ayarlanmalı ve IATREF' te 1' e ayarlanmalıdır (zaten varsayılan olan) =0 – IATREF 1' e ayarlanır (diğer bir deyişle ilk açık türler).

DEFAULT: IATREF=1

MODREF – Bireysel açık atomların referans seviyelerini ayarlamak için bir işaretler. Yazılı olmayan istatistiksel denge denkleminde her bir tür için referans seviyesi enerji seviyesidir; bunun yerine bolluk denklem olarak tanımlanabilir.

Referans seviyelerinin indeksi NREF(IAT) dizisinde depolanır, IAT=1,NATOM.

=0 – NREF(IAT) NKA(IAT) olarak ayarlanır, yani türlerin en yüksek iyonlaşma durumu IAT. =1 – NREF(IAT) IAT türlerinin en kalabalık iyonlarının indeksi olarak program tarafından belirlenir.

=2 – NREF(IAT) IAT türlerinin 2. en yüksek iyonlarının zemin durumunun indeksi olarak ayarlanır DEFAULT: MODREF=1

IFLEV – Atomic seviye popülasyonlarının doğrusallaştırma uygulamaları modunun küresel değişiklikleri için bir anahtardır:

= 0 – giriş parametresi IMDOL (giriş blok'u açık seviyelerin açıklamalarına bkz.) tarafından belirlenir ve değişmez;

> 0 – en yüksek iyonlaşma aşaması IMODL=1 hariç bütün seviyelerin sıfırlandığı mod, yani güncellenmiş LTE. Modu (seviyelerin giriş blok'undaki açıklamalarına bkz.)

DEFAULT: IFLEV=0 (NLTE model için); IFLEV=1 (LTE model için)

IFPREC – İstatistiksel denge denklemlerinin önkoşullanma uygulamaları için bir işarettir. (Rybicki&Hummer 1991' den sonra):

=0 – önkoşullanma yok (yani istatistiksel denge'nin normal uygulamaları;

=1 – bir köşegen (yerel) önkoşullanma (Rybicki&Hummer 1991' den sonra) açıldığında

> 1 – üçlü-köşegen (yerel olmayan) önkoşullanma açıldığında (bu seçenek sürüm 200'de desteklenmemektedir, bu nedenle kullanılmamalıdır). DEFAULT: IFPREC=1

IELCOR – Hız eşitlikleri + şarj koruma denkleminin yinelemeli doğrusal olmayan sistemi ile çözerek elektron yoğunluğunun yinelemeli güncellemelerini kapatmak için bir anahtardır (altprogram ELCOR). IELCOR küresel yinelemenin seri numarası anlamındadır, ELCOR'a kapatma çağrısı geldiğinde başlar. Sadece test amaçlı tanıtıldı. DEFAULT: IELCOR=100 (yani her zaman ELCOR denir)

ICHC –İstatistiksel denge denklemlerinin kapanış denklemini seçme anahtarı:

= 0 – kapanış denklemleri parçacık koruma denklemleridir;

= 1- kapanış denklemleri şarj koruma denklemleridir. DEFAULT: ICHC=0

IRSPLT – Oran denklemlerinin küresel sisteminin çözümünün modu için bir anahtardır:

= 0 – tüm türler için istatistiksel denge denklemleri aynı anda çözülür (büyük bir oran matrisi ile) = 1 – istatistiksel denge denklemleri her seferinde bir tür için çözülür (yani bireysel kimyasal türler için büyük oran matrisi kısmi oran matrislere ayrılmıştır).

DEFAULT: IRSPLT=1

IACCP – Önceden şartlandırılmış biçimsel çözümün Ng hızlandırması için bir anahtardır:

= 0 – hızlanma yok;

> 0 – hızlanma ilk biçimsel çözümün IACCP-inci tekrarında yapılır ve her IACDP yinelemesinde tekrarlanır;

Not: eğer IACCP > NLAMBDA (biçimsel çözümün yineleme sayılarının toplamı (yanlış lambda yinelemeleri olarak adlandırılır) ise hiçbir hızlanma gerçekleşmez.

DEFAULT: IACCP=7

IACDP – Biçimsel çözümün Ng hızlandırması için adım (yukarıya bkz.) DEFAULT: IACDP=4

IDLTE – Tüm açık seviyelerin LTE popülasyonlarına sahip olmaya zorlandığı aşağıda bir derinlik noktası

(hatta NLTE modeller için bile)

DEFAULT: IDLTE=1000 (LTE popülasyonlar zorlanmaz)

IFPOPR – Popülasyonun yeniden hesaplanması uygulamaları için bir anahtardır.

= 0 – orjinal Auer-Mihalas şeması: doğrusallaştırma yineleme tamamlandıktan sonra (yani $n^{new} = n^{old} + \Delta n$ gibi elde edilen) kullanılmaz; bunun yerine yeni ışınım oranları hesaplamak için yeni bir radyasyon alanı kullanılır ve popülasyonlar bir oran denklemi çözerek belirlenir. Opsiyon tarihsel nedenlerden dolayı tutulur; sadece saf bir komple doğrusallaştırma şeması için kullanışlıdır. > 0 – popülasyon doğrudan kullanılan doğrusallaştırmadan gelir. Farklı bir ayarlama üzerine IFPOPR anahtarının bireysel değerleri; yine bunların sadece tarihsel anlamı vardır; varsayılan değeri değiştirmek için hiçbir pratik neden neredeyse yoktur. DEFAULT: IFPOPR=4

POPZER – Belirli bir türün en kalabalık seviyesinin üzeri popülasyonun oranının değeri aşağıda “çok küçük” olarak tanımlanır ve 0 olarak ayarlanır. Bu seçenek bir atomun çok küçük/büyük sayılarla bağlantılı sayısal problemlerle çalıştırmadan birçok iyonizasyon derecelerini değerlendirme imkanı sağlar. DEFAULT: POPZER=1.e-30

POPZR2 – Bir seviye sıfırlaması ayarlamak için ikincil bir parametre.

DEFAULT: POPZER=1.e-30

NITZER – Yineleme sayısı kadar sıfırlanabilen ya da sıfırlanamayan popülasyon. NITZER-inci yinelemeden sonra herhangi yeni bir sıfırlama kapatılır zaten bu yinelemede popülasyon sıfırlanmıştır ve çalışma sonuna kadar sıfırlanmış olarak kalır DEFAULT: NITZER=3

RADZER – Ortalama yoğunluğu sıfırlamak için benzer bir parametre. Bu seçenek özellikle yığılma diskleri için yüksek frekanslarda son derece küçük yoğunluklara bağlı sayısal sorunları önler. Ortalama

yoğunluk RADZER kez maksimum bağlı yoğunluk altına düştüğü zaman 0'a ayarlanır

DEFAULT: RADZER=1.e-20

6.7 Küresel yineleme döngü kontrolü için parametreler

ND – Derinlik noktalarının sayısı

DEFAULT: ND=70

NITER – Küresel doğrusallaştırma yinelemelerinin maksimum sayısı. DEFAULT: NITER=30

CHMAX –konum vektörünün maksimum bağıl değişimi. Tüm derinlik noktalarındaki tüm konum parametrelerinin tüm bağıl değişiklikleri eğer bu değer altındaysa, modelin yaklaşık olduğu söylenebilir ve biçimsel çözüm bittikten sonra yürütme durdurulur. DEFAULT: CHMAX= 10^{-3}

NLAMBD – Biçimsel çözümün lambda yinelemelerinin sayısı. NLTE modeller için DEFAULT: NLAMBD=2; LTE modeller için NLAMBD=1

CHMAXT –Model neredeyse yaklaşık olduğunda biçimsel çözümün (sözde lambda yinelemeleri) yinelemelerinin sayısını değiştirmeye imkan veren bir parametredir. Eğer tüm derinliklerin sıcaklıklarının bağıl değişikliklerinin mutlak değerlerinin maksimumu CHMAXT’in altına düşerse lambda yineleme sayısı NLAMT’ye ayarlanmalıdır. DEFAULT: CHMAXT=0.01

NLAMT – Lambda yinelemelerini sıfırlama sayısı bkz. aşağı.

DEFAULT: NLAMT=1

IOVER – “örtüşen-çizgi” modunda açılması için bir işaretir:

= 0 – örtüşmeye izin vermez (sadece bir satırda herhangi bir tek frekansta donukluğa katkıda bulunabilir), bu opsiyon sadece tarihsel nedenler için tutulur;

> 0 - genel çizgi örtüşmesine izin verir. DEFAULT: IOVER=1

ITLAS – Lazer çizgilerini kapatmak için bir işaretir. Yani absorpsiyon katsayısı (=true absorpsiyon eksi uyarılmış emisyon) negatif olanlar için. Lazer çizgilerini kapatmak; çizgi absorpsiyon ve emisyon katsayısının sıfır’ a ayarlanacağı anlamına gelir. ITLAS lazer çizgilerinin kapatıldığı yerden başlayan küresel yineleme sayısı anlamına gelir (ITLAS=0 baştan itibaren lazer çizgilerini kapatır). DEFAULT: ITLAS=100

NELSC – Feautrier şeması yoluyla elektron saçılması uygulamalarının modudur (DFE şeması için bir anlamı yoktur, ISPLIN ≥ 5):

= 0 – elektron saçılması kaynak işlevi tam olarak uygulanır; yani devir denkleminin J_v bağımlılığı nedeniyle açık açılı birleştirmeyi içeren elektron saçılması kaynak işlevinin tek frekanslı biçimsel çözümüdür;

> 0 – elektron saçılması kaynak işlevi termal kaynak işlevi olarak uygulanır. Yani, J_v güncel ortalama yoğunluğu üzerinden verilir. Bu sadece test amaçlı yer almaktadır DEFAULT: NELSC=0

IHECOR – Biçimsel çözümde hidrostatik denge denklemini yeniden hesaplama modudur :

= 0 – yeniden hesaplama yapılamaz (yani toplam parçacık yoğunluğu N sabit tutulmuştur) ;

> 0 – toplam parçacık yoğunluğu N yeniden hesaplanabilir. DEFAULT: IHECOR=0

IBFINT – Fotoiyonizasyon enine kesitlerini depolamak için bir modtur:

= 0 – bütün frekans noktaları için enine kesitlerin depolanacağı anlamına gelir;

= 1 – fotoiyonizasyon enine kesitleri sadece süreklilik frekansları ve ekli çizgi frekansları için depolanacağı anlamına gelir DEFAULT: IBFINT=1

IRDER – ALI şemasında istatistiksel denge denklemlerinin doğrusallaştırmasının uygulamalarının modudur:

= 0 – oran denklemi ALI şemasında doğrusallaştırılmamıştır;

> 0 – oran denklemi ALI şemasında doğrusallaştırılmıştır; test amaçlı olarak kullanılmış tarihsel önemi olan ihmal edilmiş belirli türevlerin birkaç başka biçimi vardır.

= 3 – tam doğrusallaştırma; tüm türevler tam olarak hesaplanır. DEFAULT: IRDER=3

ILDER – Yeniden kombinasyon oranlarının türevlerinin değerlendirmesini sıcaklığa göre kontrol eden bir işarettir. Sadece test amaçlı tanıtılmıştır. = 0 – türevler hesaplanır;

> 0 - türevler sıfır'a ayarlanır.

DEFAULT: ILDER=0

IBPOPE – oran denklemlerinin türevlerini kontrol etmek için bir işaret. Sadece test amaçlı tanıtılmıştır.

= 0 – doğrusallaştırılmış frekans noktalarında ortalama yoğunluk açısından oran denklemlerinin türevleri hesaplanmaz. Bu opsiyon sadece pedagojik ve tarihsel nedenlerden dolayı tutulmuştur. > 0 – türevler hesaplanır. DEFAULT: IBPOPE=1

DPSILG – Doğrusallaştırma sırasında, tüm konum parametrelerinin bağıl değişiklikleri belirli değerleri geçmemek üzere yapay sınırlıdır. DPSILG bir anlamda tüm miktarlar için genel bir sınır ayarlar $\delta(\psi_i)/\psi_i = \max[1/DPSILG - 1, \delta(\psi_i)/\psi_i]$; $\delta(\psi_i)/\psi_i = \min[DPSILG - 1, \delta(\psi_i)/\psi_i]$;

DEFAULT: DPSILG=10. (yani tüm bağıl değişiklikler -0.9 ile 9 arasında değerlere sahip olacak şekilde ayarlanıyor)

DPSILT – Benzer olarak, fakat sıcaklıktaki bağıl değişiklikler özellikle sınırlıdır. Eğer DPSILT

<DPSILG ise DPSILG geçersiz kılınır. DEFAULT: DPSILT=1.25

DPSILN – Benzer olarak fakat elektron yoğunluğunun bağıl değişiklikleri içindir.

DEFAULT: DPSILN=10.

DPSILD – Benzer olarak fakat logaritmik eğim Δ içindir (sadece konveksiyon açık ise etkilidir ICONV6=0

) DEFAULT: DPSILD=1.25

6.8 Doğrusallaştırma matrislerini ayarlamak için parametreler

Parametreler INHE, INRE, INPC, INSE, INMP, INDL, INZD herbiri bir denkleme ve bir model parametresine karşılık gelir - bkz. aşağı.

Eğer $IN_{xx} = 0$, daha sonra karşılık gelen denklem çözülmemiş ise karşılık gelen miktar sabit tutulur.

Eğer $IN_{xx} > 0$, karşılık gelen denklem çözülmüş ise karşılık gelen miktar bilinmeyen model parametrelerinin PSI vektörünün $(NFREQE+IN_{xx})$.inci bileşenidir (ilk NFREQE bileşenleri açık doğrusallaştırılmış frekans noktalarının ortalama yoğunluğudur)

INHE – N 'in pozisyonudur; hidrostatik denge denkleminin indeksi.

DEFAULT: INHE=1

INRE – T 'nin pozisyonudur; ısıyım denge denkleminin indeksi.

DEFAULT: INRE=2

INPC – n_e 'nin pozisyonudur; numara koruma denkleminin indeksi (ya da ICHC parametresine bağlı şrij koruma denkleminin). Her halükarda denklem elektron yoğunluğunu belirler. DEFAULT: INPC=3 (ya da konvektif modeller için INPC=4)

INSE – n_1 'in pozisyonudur; yani ilk popülasyon; istatistiksel denge denkleminin indeksi.
DEFAULT: INSE=4 (ya da konvektif model veya diskler için INSE=5)

INMP – n_m 'nin pozisyonudur; iri parçacık sayı yoğunluğu; Auer&Mihalas'tan sonra. Sadece tarihsel nedenlerden dolayı dahil edilmiştir. DEFAULT: INMP=0

INDL – Δ 'nın pozisyonudur – sıcaklığın logaritmik eğimidir. Sadece konvektif modellerde kullanılır. DEFAULT: INDL=0; ya da konvektif modeller için INDL=3

INZD – z 'nin pozisyonudur – merkez hattından dikey mesafe. Sadece disk modellerde kullanılmak içindir. atmosferler için DEFAULT: INZD=0, diskler için INZD=4

IFIXMO – INHE, INRE, INPC'nin ve diskler için INZD'nin tüm parametrelerini sıfırlamak için kısa yoldur. eğer IFIXMO sıfır olmayan bir değere atandıysa gerçekleştirilir. DEFAULT: IFIXMO=0

NDRE – ışınım denge denklemlerinin uygulamalarını tanımlayan parametredir, bütünlüğü ve diferansiyel denklem temsillerinin süperpozisyonunun bir formu olarak adlandırılır:

0 her iki formun bir doğrusal kombinasyonu kullanılmıştır, Hubeny & Lanz (1995)'den sonra . bu durumda bir doğrusal kombinasyonun formu TAUDIV ve IDLST parametreleri yoluyla verilmiştir, bu şekilde :

- derinlik noktaları için bütünlüğü form kullanılmıştır ID, ID=1,ND–IDLST;
- Roseland optik derinliği TAUDIV'den küçük olduğu yerde derinlik noktaları için diferansiyel form.

> 0 – katsayılar ID= NDRE'de süreksizlik ile adım fonksiyonlarıdır, yani derinlik noktaları için (ID= 1, NDRE-1)– REE saf integral denklemi olarak muamele görür derinlik noktaları için (ID=NDRE,ND) – REE saf diferansiyel denklem olarak muamele görür DEFAULT: NDRE=0

TAUDIV – bkz. aşağıya (sadece eğer NDRE=0 ise etkilidir)

DEFAULT: TAUDIV=0.5

IDLST – bkz. aşağıya (sadece eğer NDRE=0 ise etkilidir)

DEFAULT: IDLST=5

6.9 Ek opasiteler

IOPADD – Ek opasiteleri hesaplamak için bir anahtardır:

= 0 – takip eden parametreler ne olursa olsun ek opasiteler hesaplanmaz.

Başka bir deyişle örneğin Rayleigh saçılma opasitesine izin vermek için sadece IRSCT=1 (bkz.aşağ.) ayarlanmaz ayrıca IOPADD=1'e ayarlanmalıdır. Eğer IRSCT=1 ve IOPADD=0 olarak ayarlanırsa Rayleigh saçılması ihmal edilir.

> 0 – belirli opasiteler hesaplanır, kullanıcı ya OPADD'deki var olan ifadeleri kullanır ya da kendi ifadelerini OPADD'de kullanır. Önceki durumda eğer takip eden anahtarlar sıfır-olmayanın değerleri ise ilgili opasite hesaplanırdı. DEFAULT: IOPADD=0

IRSCT – Rayleigh saçılmasını dikkate alan bir anahtardır

DEFAULT: IRSCT=0

IOPHMI – H- opasitesini dikkate alan bir anahtardır (hem bağlı-serbest hem de serbest-serbest) LTE varsayarak, NOT: H- açık iyon olarak kabul edilebilir daha sonra opasite otomatik olarak hesaplanır (NLTE'de böyle bir model hesaplanırsa). Bu durumda iki defa H- opasitesi hesaplamamak için IOPHMI=0 kodu gereklidir. DEFAULT: IOPHMI=0

IOPH2P – H^+_2 (moleküler hidrojen iyonu) dikkate alan bir anahtardır DEFAULT: IOPH2P=0

IOPHE1 – Yaklaşıklık dikkate alan bir anahtardır, hidrojenik, nötr helyumun opasitesi temel kuantum sayıları ile ortalama seviyelerin hemen hemen en üst seviyedeki açıklık ile IOPHE1 arasında bağlıserbest geçişlerin toplamı olarak verilir. Hükümü kalmamış ve sadece tarihsel nedenlerden dolayı dahil edilmiştir. DEFAULT: IOPHE1=0

IOPHE2 – Yaklaşıklık dikkate alan bir anahtardır, hidrojenik, iyonize helyumun opasitesi temel kuantum sayıları ile ortalama seviyelerin hemen hemen en üst seviyedeki açıklık ile IOPHE2 arasında bağlı-serbest geçişlerin toplamı olarak verilir. Hükümü kalmamış ve sadece tarihsel nedenlerden dolayı dahil edilmiştir. DEFAULT: IOPHE2=0

6.10 Konveksiyonun sayısal uygulama tanımlamaları parametreleri

ICONV – Konveksiyonu açmak için bir işarettir:

= 0 – konveksiyon ihmal edilir. Ancak opsiyonel parameter HMIX0 pozitif değere ayarlanırsa ICONV ICONV=1'e ayarlanır

> 0 – Konveksiyon kabul edilir ve doğrusallaştırılır. Birkaç sayısal opsiyon vardır ancak bunlar şu anda deneysel durumdadır. Kullanıcının $ICONV=1$ değerini kullanması tavsiye edilir (eğer $HMIX0$ ayarlanmışsa otomatik ayarlayan)

NOT: eğer $ICONV$, $ICONV > 0$ 'a ayarlanırsa, fakat $HMIX0=0$ durumunda, sonra bütün konvektif rutinler çağrılır ancak konvektif akı hep sıfır olacaktır. < 0 – konveksiyon dikkate alınır ancak doğrusallaştırılmamıştır. DEFAULT: $ICONV=0$

IPRESS – Konveksiyon bölgesinde toplam basınç uygulamaları için bir işarettir:

= 0 – konvektif akının türevleri hesaplanırken toplam basınç sabit tutulur;

= 1 – w.r.t türevleri toplam basıncı hesaplanır. DEFAULT: $IPRESS=0$

ITEMP – Konveksiyon hesaba katıldığında sıcaklık düzeltmesi için bir işarettir:

= 0 – yeni sıcaklık tam doğrusallaştırmanın tamamlanmış yinelemelerinden sonra elde edilir, T^{new}

= $T^{old} + \Delta(T)$ olarak hesaplanır (konveksiyon olmadan yapıldığı gibi);

= 1 – yeni sıcaklık konveksiyon bölgesinde logaritmik eğim DELTA yoluyla hesaplanır ($DELTA \equiv \Delta = d\ln T/d\ln P$);

= 2 – yeni sıcaklık her yerde DELTA yoluyla hesaplanır DEFAULT: $ITEMP=0$

IPRINT – Konveksiyonlu modeller için tanı çıkışını kontrol eden bir işarettir: = 0 – ek çıktı yoktur, sadece sonuç model yazdırılır;

= 1 – konvektif akı ve rutin CONCOR sonuçları her yinelemeden sonra yazdırılır. DEFAULT: $IPRINT=0$

6.11 Çizgi örtüşmesi uygulamaları için parametreler

ISPODF - Çizgi örtüşmesi uygulamasının temel modu:

= 0 - Opasite Dağıtım İşlevi modudur. Burada frekanslar her çizgi veya ODF için ayarlanır. ODF' nin enine kesitleri önceden tablo haline getirilmiş olmalıdır; standart girişte tanımlanan ilgili tabloların dosya isimleri. Bu durumda başka opsiyonel parametreler tanımlanmayacaktır.

≥ 1 - opasite örnekleme (OS) modudur. Frekanslar sürekliliğe ve çizgilere bağlı olarak değişken adımlarla sistematik olarak ayarlanır. Küçük frekans adımları hafif elementlerin yeterli örnekleri olarak kabul edilir. Bu çizgiler arasında demir-yoğunluk çizgileri DDNU kez

adımlarla örneklenir, Fe için referans Doppler. Çizgi enine kesitleri Kurucz veri dosyalarına göre TLUSTY tarafından hesaplanır. Çizgiler iyonizasyon, uyarma ve gf değerine bağlı bir kriter olarak dinamik olarak seçilir

. STRLX parametresi seçim kriterlerini ayarlar (STRLX küçük ise daha fazla satır seçilir; $10^{-6} \leq \text{STRLX} \leq 10^{-10}$ değerleri genellikle uygundur. Maksimum bağıl sıcaklık değişimi CHMAXT' den büyükse enine kesitler ilk 3 Ng ivmelerinden sonra tekrar hesaplanır. Enine kesit üç derinlik noktasında ($T \approx T_{\text{eff}}$ olduğu katman) ve logaritmik olarak varsayılan olarak (JIDS=0) hesaplanır. JIDS >0 katman sayılarını veridiği durumda daha çok derinlik noktaları hesaplanabilir. DEFAULT: ISPODF=0

DDNU - Demir için referans Doppler genişliğinde ifade edilen opasite örnekleme için adımdır (bkz. aşağı.) DEFAULT: DDNU=0.75

STRLX - Opasite örnekleme modunda demir yoğunluk elementleri çizgileri için seçim kriteri DEFAULT: STRLX=1.e-10

JIDS - Demir yoğunluk (super)çizgileri hesaplanmış enine kesitlerde derinliklerin sayısı.

= 0 - 3 derinliği varsayılan ayarlar (ID=1, ND, ve $T \approx T_{\text{eff}}$ olduğu yerdeki derinlik); > 0 – derinliklerin sayısı. DEFAULT: JIDS=0

6.12 İvmelenme parametreleri

IACC – Ng hızlanma prosedürü için bir anahtardır:

≤ 4 – Ng hızlanması 7. 10. vs. yineleme;

≥ 5 – yinelemeler içinde Ng hızlanması ITER=IACC, IACC+IACD, IACC+2×IACD, vs.

≤ 0 – Ng hızlanması yoktur DEFAULT:

IACC=7

IACD – Ng hızlanması için bir adımdır - bkz. aşağı.

DEFAULT: IACD=4

ITEK – Kantorovich metodu ayarlandıktan sonraki yineleme

DEFAULT: ITEK=4

ORELAX – Bir aşırı-gevşeme katsayısı DEFAULT: ORELAX=1

6.13 Çeşitli parametreler

IWINBL –Albedo rüzgar örtüsü olup olmadığını belirten bir anahtardır. Tarihsel nedenlerden dolayı tutulmuştur.

= 0 – rüzgar örtüsü yok sayılır

> 0 – Temel olarak Abbott ve Hummer 'da(1985) çok az da Voels et al.'dan sonra (1988) albedoların doğru açı ortalama uygulamaları değiştirilmiştir.

= -1 –rüzgar örtüsü yok sayılır; diğer taraftan gelen radyasyon ya tamamen sıfır ya da TRAD ve WDIL parametreleri aracılığıyla hesaplanır.

DEFAULT: IWINBL=-1 (rüzgar örtüsü yoktur; açıkça belirtilmediği sürece gelen radyasyon yoktur)

NRETC – Üst katmanlardaki sabit sıcaklıkların opsiyonlarını ayarlamak için bir anahtardır

= 0 – sabit sıcaklık yoktur; ışınım dengesi tüm derinlikler için çözülmüştür

> 0 – İlk NRETC derinlik noktalarında sıcaklık sabit tutulur (giriş modeli tarafından verilen) ışınım dengesi bu derinliklerde çözülmüş değildir. DEFAULT: NRETC=0

XGRAD – Yüzey katmanlarda radyasyon hızlanmasının yapay düşürücüsünü kontrol eden bir anahtardır. = 0 – 10 enüst derinlik noktalarındaki yerçekiminin bazı fraksiyonlarına otomatik limitli ışınım ivmelenmesini izin verir. Deneme yanılma yoluyla sınırlı olduğu bulunan radyasyon ivmesi ve programda kablolu olan yerçekimi ivmesinin fraksiyonudur; bu

(0.1,0.3,0.5,0.7,0.9,0.92,0.94,0.96,0.98,0.99)katı g olarak verilir.

= -1 ya da -2 – 20 enüst katmanda daha sıkı limit uygulamaya izin verir.

> 0 - atmosferde her yerde yerçekimi ivmesi g'nin XGRAD fraksiyonuna otomatik limitli ışınım ivmesi verir.

ICRSW –Çarpışmalı-ışınım olup olmadığını belirten anahtar şema (Hummer & Voels 1988) olarak Kabul edilen bir işarettir:

= 0 – çarpışmalı ışınım anahtarı dikkate alınmaz;

> 0 – çarpışmalı ışınım anahtarı dikkate alınır;ve

= 1 – bağımsız-derinlik anahtarı parametresi ile;

> 1 – bağımlı-derinlik anahtarı parametresi ile

DEFAULT: ICRSW=0

SWPFAC – İlk c.-r anahtar parametresi

SWPFAC \times min(çarpışma oranı / ışınım oranı) tarafından verilir DEFAULT: SWPFAC=0.1

SWPLIM – Eğer c.-r anahtar parametresi SWPLIM'deb büyük ise program c.-r anahtar parametresini =

1. DEFAULT: SWPLIM=0.001 olarak atar.

SWPINC – Anahtarlama parametrelerinin artışı anahtarlama parametresi (gerçek) = anahtarlama parametresi (önceki) \times SWPINC. DEFAULT: SWPINC=3

6.14 Ek çıkışların miktarını belirleyen parametreler

IPRIND – Eğer sıfır olmayan değere ayarlanmış ise, tamdoğrusallaştırmanın yoğunlaştırılmış model atmosferi her yinelemeden sonra depolanır (Ünite 17) – bkz. bölüm10.2 DEFAULT: IPRIND=0

ICOOLP – Eğer sıfır olmayan değere ayarlanmış ise, net toplam soğutma oranının derinliğinin bir fonksiyonu olarak depolanır (Ünite86); eğer dahası varsa value >10'a ayarlanır, ayrıca bireysel soğutma oranları tüm açık iyonlar için depolanır (Ünite 87) – bkz. bölüm10.2 DEFAULT: ICOOLP=0

ICHCKP – Eğer sıfır olmayan değere ayarlanmış ise, tüm açık seviyelerin girişteki ve çıkıştaki toplam geçiş oranları bir ek çıkış meydana getirir (Ünite 16) – bkz. bölüm 10.2. DEFAULT: ICHCKP=0

IPRINP – Eğer sıfır olmayan değere ayarlanmış ise açık seviye popülasyonları çıkış ünite 7'de depolanır (yoğunlaştırılmış model atmosfer) LTE modeller dahil olmak üzere. (popülasyonlar her zaman bir NLTE model için depolanır, çünkü bu parametrenin NLTE'de bir etkisi yoktur). DEFAULT: IPRINP=1

IPOPAC – Eğer sıfır olmayan değere ayarlanmış ise derinliğin bir fonksiyonu olarak tüm sürekli frekansların opasitesinin ek bir çıktısı meydana getirilir (Ünite 85) DEFAULT: IPOPAC=0

7 SAYISAL ve FİZİKSEL HİLELERİN ÖZETİ

TLUSTY yakınsama problemlerini önlemek ya da minor fiziksel sadeleştirmelerle ortaya çıkan sonuç modelin kalitesinin bozmamak için hesaplamaları hızlandırmayı hedefleyen sayısal ve fiziksel hilelerin çeşitlerini ortaya koymaktadır. Tüm bu hileler bazı durumlarda yararlılıklarını ispat etmekle birlikte bazı durumlarda yakınsama zararı verebilir hatta bazı diğer durumlarda ek sayısal problemlerin artmasına neden olabilir.

Anahtar kelime parametrelerinin çoğu açık/kapalı gibi opsiyonlarda varsayılan değer olarak ayarlanır ve isteğe bağlı işaretler dosyasında uygun bir değer ayarlanarak değiştirilebilir. Varsayılanlarda yapılan seçim birçok farklı modelden edinilen tecrübelerle dayanır ve tipik bir varsayılan değer çoğu durumda başarılı bulunmuştur. Ancak işleyişin yakınsama özelliklerini geliştirmek için varsayılan değerlerin değiştirilebileceği durumlar vardır.

Aşağıda kısa bir tartışma ile birlikte hileler ve uygun anahtar kelime/leri özetleyeceğiz. Burada sadece hesaplanabilir opsiyonları tanımladığımızı vurgulamak isteriz. Açıktır ki, bir model atmosfer kendisinin yanısıra yakınsama özellikleri, açık türler, enerji seviyeleri ve genel atom verilerinin genel seçimleriyle önemli ölçüde etkilenebilir. Atomik veri konusu bölüm8.'de detaylı olarak tartışılmıştır.

Aşağıdaki metin yukarıda tanıtılan birçok opsiyonel anahtar kelime parametrelerinin açıklamasını sunacaktır. Bir önceki bölümde biçimsel açıklama sunulmuştur; şimdiki pratik yönleri üzerinde daha fazla duracağız, özellikle sorun giderme ve yakınsama sorunlarında bireysel parametrelerin rolüne değineceğiz.

Aslında bu tür parametrelerin dört kategorisi vardır; i) tamamen sayısal hileler için işaretler; ii) modelin doğruluğunu etkileyen parametreler; iii) küçük ama yararlı fiziksel yaklaşımları tanıtan parametreler; ve iv) potansiyel olarak önemli fakat hala opsiyonel olan açık/kapalı anahtar parametreleri. Bu kategorileri sırası ile tartışacağız.

7.1 Tamamen sayısal hileler

Bu prosedürler; bunların kullanımının sonuç modeli değiştirmeyeceğini belirtir. Bir başka deyişle, bir opsiyonu kullanmak ya da kullanmamak her iki opsiyonun yakınsamasını sağlar, aynı sayısal sonuçlara yol açar. (yani temel olarak aynı sonuçlardır, yuvarlama hataları ve diğer bilgisayar ile ilgili hatalar hesaplanmış model parametrelerin 4. ve yüksek ondalık basamağında farklılıklara yol açabilir)

- Hibrit CL/ALI şemasının ayarlanması

Bu kısmen varsayılan ayarların kullanıldığı yerde atomik veri dosyaları yoluyla ayarlanmıştır - ilk altı frekans hidrojen Lyman sürekliliğinde; üç merkez frekans $L\alpha$ 'de ve merkez frekans $L\beta$ ve $L\gamma$ 'de, ilk üç nokta ile birlikte He II Lyman sürekliliğinde doğrusallaştırılmış modele ayarlanır, geri kalan frekanslar ALI modundadır.

Ayrıca ayarları küresel olarak değiştirebilen kullanışlı bir anahtar kelime olan IFRALI vardır. (bkz.

bölüm6.5)

- **Hızlanmalar (İvmeler)**

İki çeşit ivmelenme vardır, Ng ve Kantorovich ivmelenmeleri. Karşılık gelen anahtar kelimeler bölüm6.12'de verilmiştir. Her iki ivme de hesaplamaları önemli ölçüde hızlandırmaktadır hatta bazen yakınsama özelliklerini geliştirmek için bile yardımcı olan araçlardır diğer taraftan bazı durumlarda problemlere yol açabilirler.

Yineleme sayılarının temsil edildiği Ng ivmelenmesinin ilk defa yapıldığı yerde IACC parametresine çok dikkate etmek gerekmektedir. Eğer değerler oldukça düşükse ivmelenme çok çabuk bir şekilde ve yakınsama üzerine çok zarar vererek veya felaket etkisi yaratacak sonuçlar doğuracak şekilde gerçekleşir; eğer ivmelenme çok geç yapılırsa yapması gerekeni yapmaz yani hesaplamaları hızlandırmaz. Bazı durumlarda başarılı bir şekilde çalıştırmak için Ng ivmelenmesi kritik önem taşır; normal doğrusallaştırma düzenli salınımlar ürettiği zaman sadece Ng ivmelenmesi farklı yakınsak durumun bir çıkış yolunu bulabilir. En iyi strateji yakınsama günlüğünü dikkatlice incelemektir (dosya fort.9); Eğer yakınsama deseni büyük ölçüde bozulursa Ng ivmelenmesi açık iken yineleme sayısında basit bir uygulama ile IACC'nin değeri artırılır. Zıt durumda, birçok yineleme için salınımlı davranış görülür ve sadece Ng hızlanmasının başlangıcında maksimum değişiklik düşer, bu IACC'nin değerini düşürmeyi denemek için tavsiye edilebilir.

Konveksiyon durumunda Ng ivmelenmesi sıklıkla zararlı olabilir; bu durumda kullanıcı ivmelenmeyi tamamen atlayabilir, yani IACC değeri NITER'den daha büyük olacak şekilde ayarlanır.

- **Seviye gruplama**

Bu sayısal hile seviye popülasyonlarını doğrusallaştırmanın sayısını önemli ölçüde azaltabilir. Koordineli bir şekilde değiştiği farzedilen popülasyonlar doğrusallaştırmada bir yay a daha fazla seviyelere ayarlanabilir. Daha doğrusu, bireysel seviye popülasyonları

doğrusallaştırmasının yerine, grubun içindeki bireysel seviye popülasyonlarının grubun toplam popülasyonuna oranının doğrusallaştırmada değişmediğini farz edersek kullanıcı grupların toplam popülasyonlarını değiştirebilir. Biçimsel çözümde bir adım olarak kullanıcı bütün bireysel seviye popülasyonlarını tam olarak çözer. Seviye gruplarının konsepti süper seviyelerin konsepti ile karıştırılmamalıdır, önceki durumda seviye grupları, seviye popülasyonları tespit edilirken, doğrusallaştırmanın daha küçük tamamlanmasının matrisi yapımında sadece sayısal bir hile idi, ; sonraki durumda, süper seviyeler, süper seviye bileşenlerinin bireysel popülasyon yaklaşıklığı birbirine göre Boltzmann dengesinde oldukları varsayılır. Aslında kullanıcı seviye gruplarının içine de bireysel süper seviyeler grubu yapabilir.

Atomik veri dosyaları tarafından ayarlanan gruplama (parametre IMODL; bkz. bölüm 8.1). Standart dosyalar, örneğin TLUSTY web sitesi üzerinden dağıtılanlar, varsayılan seviye gruplaması içerirler. Bu gruplama çoğu durumda iyi çalışır. Ancak kullanıcı bazı koşullar altında dikkatli olmalıdır (örn. düşük sıcaklıklarda), bu gruplama yakınsama sorunlarına neden olabilir ve değiştirme parametresi IMODL ile sıfırlanmalıdır, genel olarak tek seviye grup oluşturmak için daha çok alçak bulunan seviyelere izin verilir.

- **Işınım transferini biçimsel çözücü seçimi**

Bu anahtar kelime ISPLIN (bkz. bölüm 6.5) tarafından yönlendirilir. Genellikle orijinal 2. Derece Feautrier şeması (varsayılan; ISPLIN=0) çok iyi çalışır. Tek istisnası güçlü ışınım durumudur, bu durumda ISPLIN=5 (DFE şemasında) ayarlanması tercih edilir.

- **Biçimsel çözümde iç “Lambda” yinelemelerinin sayısı**

Anahtar kelime NLAMBD tarafından yönlendirilir. Varsayılan değer (NLAMBD=2) genellikle iyi çalışır; kullanıcı bazı durumlarda bu sayıyı arttırabilir ancak bu bilgisayar zamanını arttırsada daha stabil bir şema elde edilebilir.

- **Yaklaşık Λ^* -operatörü seçimi**

Anahtar kelime IFALI (bkz. bölüm 6.5) tarafından yönlendirilir –diyagonal ya da tridiyagonal operatör ve JALI (Rybicki-Hummer ya da Olson-Kunasz değerlendirmesi). JALI değeri önemsiz olduğu durumlarda, bazı durumlarda tridiyagonal operatör (IFALI=6 ayarlanır – NOT: IFALI=5 diyagonal operatöre karşılık gelir) daha stabil çözümler sağlayabilir. Ancak, bu opsiyon hala tam olarak test edilmedi ve bazı durumlarda uygun şekilde çalışmayabilir.

- **Alt sınırdaki yaklaşık Λ^* -operatörün uygulamalarının seçimi**

IBC anahtar kelime tarafından yönlendirilir (bkz. bölüm 6.5). Genellikle varsayılan değer iyi çalışır.

- **Sözde “referans atom” ve “referans seviyeler”in seçimi**

IATREF ve MODREF anahtar kelimeleri tarafından yönlendirilir (bkz. bölüm 6.6). Genellikle varsayılan değerler iyi çalışır. Ancak oldukça yüksek olağandışı kimyasal bileşimler için özellikle aşırı hidrojen eksikliği nesnelere için IATREF=2’e ayarlanması tavsiye edilir (böylece He burada referans tür olur)

- **Biçimsel çözümde şarj koruma uygulamaları**

IECLOR anahtar kelimesi tarafından yönlendirilir. Varsayılan değer genellikle iyi çalışır.

- **Hibrit CL/ALI yaklaşımı ile elektron saçılması uygulamalarının seçimi**

ILMCOR, ILPSCT ve ILASCT anahtar kelimeleri tarafından yönlendirilir (bkz. bölüm 6.5). Varsayılan değerler genellikle iyi çalışır.

- *Yapısal parametrelerin sonraki yinelemelerini elde etmek için bağlı değişikliklerin sınırlandırılması* DPSILT, DPSILG, DPSILN ve DPSILD anahtar kelimeleri tarafından yönlendirilir (bkz. bölüm 6.7).

Varsayılan değerler genellikle iyi çalışır.

7.2 Modelin doğruluğunu etkileyen parametrelerin değişimi

Bu kategoride modelin genel özelliklerini önemli ölçüde değiştirmeden doğru bir şekilde etkileyecek parametreler vardır (derinlik noktaları sayıları gibi). Ancak bu parametreler bazı durumlarda küresel yakınsama özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilir.

- **Number of depth points Derinlik noktalarının sayısı**

Varsayılan değer (ND=70) genellikle tatmin edicidir. Bazı durumlarda (örneğin bazı miktarlar derinlik noktasında çok çok keskin ise)bu, bu değeri arttırmak için yararlı olabilir. Diğer taraftan sıcak yıldızlar için değeri, modelin doğruluğunu azaltmadan bilgisayar zamanını koruyan, ND=50’ye indirmek şiddetle tavsiye edilir (aslında bu bizim yeni O-yıldız modeli şebeke hesaplamalarında kullanılmıştır).

• **Bir model için Rosseland optic derinliğinin minimum ve maksimumlarını ayarlamak (sadece model eğer sıfırdan hesaplandıysa)**

TAUFIR ve TAULAS anahtar kelimeleri tarafından yönlendirilir (bkz. bölü 6.3). Varsayılan değer genellikle iyi çalışır, kullanıcı özel durumlarda TAULAS değerini arttırmak ya da TAUFIR değerini azaltma ihtiyacı duyabilir.

• **Yakınsama kriteri**

NITER ve CHMAX (bkz. bölüm 6.7) anahtar kelimeleri tarafından yönlendirilir. NITER'in küresel doğrusallaştırma maksimum yineleme sayısını temsil ettiğini hatırlıyoruz. Eğer sıfıra ayarlanırsa program sadece radyasyon alanine hesaplar ve bir çıkış bilgisi yazdırır. Bu daha önceden hesaplanmış yanlışlıkla yok edilmiş modelin bazı çıktı dosyaları ya da temel ayarları test etmek için bir hedef olmadan yakınsanmış bir model üretmek için bazı araştırma hesaplamaları için kullanışlıdır (fakat bölüm 7'deki sonuç model dosyası için değil).

• **Demir yoğunluk çizgilerinin uygulaması**

7.3 Yararlı fiziksel yaklaşımların hileleri

Burada ya bilgisayar zamanını azaltmak ya da yakınsama problemlerini önlemeye yardımcı olmak için fiziksel yaklaşımları tanımlıyoruz. Bazı durumlarda bu hileler hesaplanmış modelde önemsiz eksikliklere yol açar; bazı durumlarda (örneğin çok sayıda çizgilerin ayrıntılı ışınım dengelenmesi reddedilir) yetersiz doğruluğun bir modelini sağlar. Böyle bir durumda, kullanıcının yakınsama olmayacak daha gerçekçi bir model hesaplamasından başlayarak bir ara model hesaplama opsiyonu daha yararlıdır.

Sorun giderme açısından bakıldığında, aşağıdaki parametreler en önemlilerdir ve bu yüzden bu bölüm kesinlikle çok dikkatli okunmalıdır.

• **Işınım dengesinin diferansiyel ve integral uygulamaları arasındaki bölünme noktası**

TAUDIV, IDLST ve NDRE anahtar kelimeleri tarafından yönlendirilir. En önemli parametre TAUDIV'dir –diferansiyel ve integral yapının doğrusal kombinasyonu olarak enerji dengeleme uygulaması için bölünme noktası (bkz. Hubeny & Lanz 1995) . Bu değeri değiştirmek LTE modelleri yakınsamak için sıklıkla belirleyici hiledir. En iyi değer olsun veya olmasın onu azaltmak ya da arttırmak için olası (önsel) bir tarif yoktur. En mantıklı strateji varsayılanın her iki tarafında iki değer denemektir (0.5 olanda), farz edelim ki 0.05 ve 5 ya da daha çok.

Tecrübeler gösteriyor ki soğuk yıldızlar için ($T_{\text{eff}} < 10,000 \text{ K}$) TAUDIV=5'e ayarlamak genellikle yardımcı olur. Buna karşılık yığılma diskleri için TAUDIV=0.05 değeri bazen daha avantajlıdır. Ancak bu hile sayısal hatalara yol açabilir ve kullanıcı dikkatli olmalıdır-diferansiyel ve integral denklemlerin çizgisel kombinasyonları tatmin edici olduğu zaman bu her ikisinin de tatmin edici olduğu anlamına gelmez. Hatalar TAUDIV değeri ne kadar yüksek ayarlanırsa daha büyüktür. Kullanıcı varsayılandan daha büyük bir değer ayarlarsa tavsiye edilen TAUDIV değerinin varsayılanı ile yeniden yakınsak model hesaplamaktır. Başka bir deyişle, TAUDIV'I arttırmak, doğrudan TAUDIV değerinin varsayılanı ile yakınsak olmadığında, bir ara model elde etmek için yakınsak modele olanak tanır.

•Yapay yüzeyde toplam ışınım basıncının düşürülmesi

Işınım hızlanması yüzeysel tabakalarda artar ($\tau_{\text{Ross}} < 10^{-5}$), ve yerçekimi ivmesiyle başa çıkabilir. Model, geniş optik derinliklerde fiziksel olarak kararlı olmasına rağmen bu tabakalarda sayısal olarak kararsız hale gelebilir. XGRAD=0 opsiyonu yerçekiminin en üst on noktasında bazı fraksiyonların ışınımsal ivmelenmesine otomatik olarak izin verir. Bu varsayılan değerdir. XGRAD=-1., ya da -2., Eddington sınırına yakın yakınsamaya kritik olarak yardımcı olabilecek 20 en üst katmanda daha sıkı kesme zorlamasına izin verir. XGRAD > 0 atmosferde yerçekimi ivmesi g'nin XGRAD kesirleri ışınımsal ivmesini otomatik olarak sınırlar. Potansiyel olarak bu yanlış atmosferik yapıya yol açabilir bu nedenle bu seçenek yalnızca aşırı dikkatle kullanılabilir.

•Yüzey katmandaki sabit sıcaklık

NRETC parametresi tarafından ayarlanır (bkz. bölüm 6.13). Bu opsiyon model eğer üst katmanlarda yakınsak değilse yakınsamanın makul olduğu başka yerlerde daha kullanışlıdır. Bu durumda kullanıcı örneğin NRETC=10 ayarlayabilir (giriş modeli tarafından verilen değerlerde 10 derinlik noktasındaki sıcaklığı sabit tutar). Kullanıcı bir yakınsama çözümü elde eder bu NRETC=0 (varsayılan) ile modeli yakınsamaya tavsiye edilir yani ışınım dengesi bütün derinlik noktalarında tam olarak çözülür.

•Minimum ve maksimum frekansların ayarlanması

FRCMIN ve FRCMAX parametreleri tarafından yönlendirilir bkz. bölüm 6.2. Bazı durumlarda ara model elde etmek için maksimum FRCMAX frekansını azaltmak avantajlı olabilir, çünkü yüksek frekanslar konum parametrelerinde ortalama yoğunlukların yüksek duyarlılığı nedeniyle sayısal problemlere yol açabilirler özellikle sıcaklığa.

•Bir yüksek frekans ucunda frekans noktalarını ayarlama

NFTAIL, DFTAIL ve CFRMAX parametreleri tarafından yönlendirilir. Varsayılan değerler genellikle iyi çalışır; bazı durumlarda, tipik olarak Comptonizasyon ile (yani çok sıcak atmosferler ya da özellikle diskler için), kullanıcı yüksek enerji ucunda daha çok frekans düşünebilir bu NFTAIL'i artırır.

•Çizgilerde detaylı denge ayarlamak

Birçok durumda diğer hileler başarısız olursa bu hile bir ara model sağlamada yardımcı olur. Kullanıcı birçok farklı yolla çizgilerde ayrıntılı ışınım dengesini ayarlayabilir (bu nedenle karşılık gelen geçiş oranını istatistiksel denge denkleminde ayrı tutmak ve karşılık gelen opasiteyi kaldırmak gerekir)

i) bireysel; bu durumda kullanıcı atomik veri dosyasında karşılık gelen girişleri değiştirmek zorunda (bkz. bölüm 8.3). Bu en esnek yoldur, fakat kullanıcı atomik veri dosyasını değiştirdikten sonra en hantal yoldur.

ii) düşük seviyelerin seçilmiş grubundan kaynaklı bir atom/iyon'un tüm çizgilerini hariç tutar. Bu bir atom/iyonu vermek için standart girişte kodlanan ILVLIN parametresi tarafından yönlendirilir (bkz. bölüm 5.4). ILVLIN'in anlamı; tüm çizgiler ILVLIN'den daha düşük seviye indeksinde detaylı ışınım dengesine ayarlanır. Örneğin ILVLIN=2 tüm rezonans çizgileri hariç tutar (yani, indeks 1 ile yer konumundan kaynaklanan); ILVLIN=99 (ya da daha büyük bir numaraya) ayarlanırsa detaylı dengede verilen atom/iyon'nun tüm çizgilerini etkin bir şekilde ayarlayacaktır. Geleneksel olarak bu tip bir yaklaşım bir NLTE ara model olarak kullanılmıştır, genellikle NLTE/C (sadece sürekli olan)olarak adlandırılır. ALI metodu başlangıç LTE modelden doğrudan gelen tüm çizgiler ile tam bir NLTE model için yakınsama kullanılmasına sıklıkla izin verir böylece yakınsak ilk NLTE/C modeli bazı zor durumlarda hala yararlı olmasına rağmen artık zorunlu bir seçenek değildir.

iii) Üçüncü yol detaylı dengede çizgileri ayarlamak onların dalga boylarına (frekanslarına) bağlıdır. FRLMIN'den daha küçük ve/veya FRLMAX'tan daha büyük frekansları ile ayrıntılı dengeye ayarlanan FRLMAX ve FRLMIN opsiyonel parametreleri tarafından yönlendirilir (bkz. bölüm 6.2). FRLMIN değerini 10^{13} civarında ayarlamak tüm uzak kızılötesi çizgileri hariç tuttuğundan sadece bilgisayar zamanını korumayacak tipik olarak atmosferik yapıyı da etkilemeyecektir, fakat aynı zamanda sayısal problemlere yol açabilecek olası problemler çizgilerde lazer etkisiyle silinmelidir.

iv)

•Seviye sıfırlama

Bazı kayan-nokta problemlerini önlemek için kullanışlı bir hiledir. Fikir şudur; bir seviyenin yerel popülasyonu türlerin toplam popülasyonlarının (POPZER parametresi tarafından varsayılan değer 10^{-30} olarak verilen) bir izin verilmiş fraksiyonundan daha düşük olduğu zaman popülasyon kesinlikle sıfır'a ayarlanır ve böyle bir seviye için bir uygun oran denklemi yerine kullanıcı bunu basit bir şekilde değiştirebilir $n_i = 0$. Bu konum parametrelerinin sayısını azaltmaz fakat sonuç çözeltiyi riske atmadan sayısal stabiliteyi yükseltir.

•Ortalama yoğunluğu sıfırlama

Benzer şekilde; eğer maksimum ortalama yoğunluğun değeri bir izin verilmiş kesrin ortalama yoğunluğunun altına düşerse kullanıcı ışınımın ortalama yoğunluğunu sıfır'a ayarlamalıdır. Bu kesir varsayılan değer 10^{-20} olarak opsiyonel parametre RADZER tarafından verilmiştir.

•Seçilen yapısal parametrelerin sabit tutulması

Bölüm 6.8 de tanımlanan anahtar kelimeler tarafından yönlendirilir. Bu seçeneklerden herhangi biri tüm yapısal parametrelerin doğrusallaştırılması ile elde edilemeyen yakınsama durumlarında bir ara model hesaplamada yararlı olabilir. Genellikle sadece sıcaklık sabit (INRE=0) tutularak yakınsak bir ara model elde edilebilir; bazı durumlarda elektron yoğunluğu ve toplam parçacık yoğunluğunu sabit tutmak daha iyidir, bu durumda kullanıcı kısayol parametresini IFIXMO=0 'a ayarlayabilir.

7.4 Potansiyel olarak önemli, fakat hala opsiyonel, fiziğin parçası

Bir önemli fiziksel mekanizmayı kaldırma ya da içermenin hilesinin kategorisidir (konveksiyon, Compton saçılması vb.) bu ya her zaman mevcut olmalıdır ya da düşünülen model parametreleri tarafından benzersiz bir şekilde verilmelidir ancak dahil olsun ya da olmasın kullanıcının takdirine ve kararına bırakılmıştır. Sebep şu ki, verilen mekanizmanın tamamıyla göz ardı edilmiş ve neredeyse göz ardı edilen arasındaki ara durumda içerme veya reddetme modelin yakınsama özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilir.

• Konveksiyon

Bölüm 6.1' de açıklanan açma ve konveksiyon uygulamaları parametreleridir (HMIX0, MLTYPE), ve 6.10 (ICONV, IPRESS, ITEMP). Eğer konveksiyon zayıf ise bu konveksiyon olmadan bir model ilk baştan yakınsamak için avantajlı olabilir ancak bazen başından itibaren

konveksiyonu dahil etmek daha iyidir. Çok soğuk yıldızlar için hala problemler olabilir; konveksiyon uygulamaları için daha güçlü şemalar üzerinde çalışıyoruz.

- **Ek opasite kaynakları**

Bu IOPADD, IRSCT, IOPHMI, IOPH2P parametreleri tarafından yönlendirilmektedir. Bu opsiyon geçmişte sadece açık atomların, iyonların ve seviyelerin sınırlı miktarda düşünülebildiği yerlerde kullanılıyordu. Sözde ek opasitelerin yararı artık daha düşüktür ancak hala kullanışlı olduğu durumlar vardır. Örneğin H- iyonu açık iyon olmasa bile kullanıcı basitçe bir H- opasitesi açabilir (bununla birlikte, H- uygulamaları bir açık iyon olması tercih edilir çünkü bu yaklaşım H- içinde NLTE etkilerini hesaba katar. Bir diğer örnek Rayleigh saçılma opasitesi (IRSCT) ya da H^+ opasitesi (IOPH2P). Son iki durumda TLUSTY’de bu opasiteleri açmak için IRSCT ve IOPH2P’ yi sıfır olmayan değere ayarlamak tek uygun mekanizmadır.

- *Compton saçılması*

Compton saçılması çok sıcak atmosferler için önemlidir özellikle yığılma diskleri için.

- **Mikrotürbülans ve türbülans basıncı**

VTB ve IPTURB parametreleri tarafından yönlendirilir bkz. bölüm 6.1. VTB değeri modelin yakınsama özelliklerini genellikle etkilemez. Öte yandan IPTURB parametresi, farzedilen mikrotürbülansın karşılık gelen türbülans basıncı ile birleşip birleşmeyeceğine karar verir ve böylece hidrostatik denge etkilenir. Yüksek mikrotürbülans durumunda (termal hıza yakın ya da daha büyük) farzedilen türbülans hızı ile frekans basınç birleşmesi olmadığı durumda güvenli belkide daha fiziksel ayarlar için IPTURB=0’a ayarlanmalıdır.

8. INPUT DOSYALARI

Giriş dosyası atomik verinin üç ya da dört temel türü hakkında bilgi içerir (dördüncü tür sadece OS modunda gereklidir) :

1. Enerji seviyeleri (seviye enerjileri, istatistiksel ağırlıklar vb.)
2. Bağlı-serbest geçişler (fotoiyonizasyon enine kesitin değerlendirilmesi modu, çarpışma iyonizasyon oranları vb.)
3. Bağlı-bağlı geçişler (çizgiler için gerekli veri)
4. Demir yığın elementlerinin super seviyelerini ayarlamak için enerji bantları (sadece OS modunda gereklidir)

Yeni sistem giriş kullanıcıya, bütün astrofiziksel önemli iyonlar için daha fazla ya da daha az evrensel veri setlerinin bir kütüphanesini kurmaya ve standart girişte (bölüm 5) bu dosya isimlerini işaretleyerek kolayca model atmosferin gelişmişliğinin derecesini istenen şekilde seçmeye olanak tanır. Aslında bu tür bir kitaplık TLUSTY web sitesinde mevcuttur, <http://tlusty.gsfc.nasa.gov>

Ayrıca, bireysel iyonik giriş dosyalarını doğrudan Oposite Projesi (OP) veri tabanı TOPBASE'den inşa etmek için tasarlanan F. Varosi (NASA/GSFC) tarafından yazılan MDION olarak adlandırılan IDL tabanlı bir program vardır. Program seçilen bir iyonun Grotrian diyagramını görüntüler ve kullanıcı mouse ile kolayca açıklık seviyelerini veya super seviyelerin inşasını seçer. Daha sonra program MODION bağıbağlı ve bağı-serbest geçişlerin bir dizisini oluşturur. Daha sonra kullanıcı ayrıntılı OP enine kesitlerden bir yaklaşık fotoiyonizasyon grafiği oluşturabilir. TLUSTY'de girişin yeni formatı bu yeni aracı mükemmel bir şekilde birleştirmiştir fakat MODION kullanamayan bir kullanıcı için de çok yararlıdır.

Önemli not: Standart girişin (bölüm 5) aksine iyonik dosyalar * ya da ! ile başlayan “yorum satırları” içermemelidir. Bunun yerine hemen önceki her bir blokta * ile başlayan zorunlu bir kayıt vardır yani dosyanın yapısı aşağıdaki gibi örneğini arar:

***** Hiçbir yorum satırı olmadan enerji seviyeleri için seviyeler veri yoluyla takip eder,

***** Hiçbir yorum satırı olmadan bağı-serbest geçişler için sürekli geçişler veri yoluyla takip eder,

***** Hiçbir yorum satırı olmadan bağlı-bağlı geçişler için çizgi geçişler veri yoluyla takip eder, ***** Hiçbir yorum satırı olmadan süper seviyeler için enerji bantları limitlerle takip eder.

Şimdi iyonik giriş dosyasının üç temel blok'unu detaylı bir şekilde tanımlayacağız.

8.1 Enerji seviye parametreleri

“seviye” ifadesiyle, ya gerçek atomik enerji seviyesini ya da enerji seviyelerinin herhangi mantıklı tanımlanmış grubunu ifade ediyoruz, örneğin bir süper seviye (bkz. Hubeny ve Lanz 1995). Süper seviyelerin iki türü vardır:

i) seviyelerin önceden tanımlanmış bir grubu olan bir gerçek seviye; tüm giriş parametreleri tanımlanmış olmak zorundadır (demir yığın elementleri için örnek olarak kullanılır) ; ve ii) bütün Rydeberg birleşmeleriyle oluşan bir süper seviye, kısmen çözülmüş, bir iyonun konumu olan “birleştirilmiş seviye”. İstatistiksel ağırlık ve ortalama enerji parametreleri derinlik-bağımlı olarak kabul edilmektedir (derinlik-bağımlı çözünmesinden dolayı) ve program tarafından hesaplanır. Her bir enerji seviyesi aşağıdaki gibi bir giriş kaydı içerir:

ENION – Seviyenin iyonizasyon enerjisi (bir sonraki iyonizasyon durumunun zemin seviyesi ile ilgili olarak ya erg, eV, cm^{-1} , ya da frequency (s^{-1}) şeklinde verilebilir.

= 0 – program, karşılık gelen iyonun içindeki seviyenin asıl kuantum sayısını sıra numarası varsayarak hidrojenik iyonizasyon enerjisini atar

G – istatistiksel ağırlık;

= 0 – Program, benzer şekilde enerji seviyeleri gibi hidrojenik istatistiksel ağırlıkları atar.

NQUANT - Asal kuantum sayısı.

=0 – program seviyenin seri numarasını NQUANT için atar;

< 0 – LTE’de tutulan verilen seviyeyi tanımlar (Model NLTE olsa bile); NQUANT sonra $\text{abs}(\text{NQUANT})$ ’a ayarlanır

TYPLEV – Karakter * 10 dizi – seviyenin bir spektroskopik tanımlamasıdır. Sadece çıktılarda görünür fakat ayrıca fotoiyonizasyon enine kesit veri öntablosu kullanımı durumunda tanımlayıcı olarak kullanılabilir

IFWOP – Seviye çözümlerinin uygulamalarının modu (bkz. Hubeny, Hummer, & Lanz 1994):

= 0 – işgal olasılığı 1'e ayarlanır, yani seviye çözünmesi yoktur;

= 1 – seviyenin işgal olasılığı hesaplanır ve oran denklemleri, opasitelerin değerlendirilmesi ve yaymalarda sürekli kullanılır;

= 2 – demir yığınları süper seviyeleri için derinlik-bağlı istatistiksel ağırlık hesaplanır (bkz. Hubeny & Lanz 1995).

İşgal olasılığı hidrojenik yaklaşıklık içinde hesaplanır, yani herhangi bir atom/iyon için kullanılabilir fakat hidrojenik olmayan iyonlar için sınırlı bir hassasiyet vardır. < 0 – birleştirilmiş seviye olarak adlandırılan seviyenin sinyalleri (yani Rydberg konumlarıyla aynı kefedede).

FRODF – Giriş verilerinin geriye doğru uyumluluğu için tutulmuştur.

IMODL –Seviye popülasyonlarının doğrusallaştırılması uygulamaları modudur. Az ya da çok hükmü kalmayan birkaç seçenek bulunmaktadır. Tek pratik kullanım IMODL parametresinin seviye gruplarına ayarlanmasıdır. Seviye grubu, popülasyonların koordineli bir şekilde doğrusallaştırmanın içinde değiştiği varsayılan bir ya da daha fazla düzeylerin bir setidir. Daha doğrusu, bireysel seviyelerin doğrusallaştırma popülasyonlarının yerine kullanıcı grubun değiştirilmemiş doğrusallaştırmasında bireysel seviye popülasyonunun oranı varsayarak grubun toplam popülasyonunu doğrusallaştırır. Biçimsel çözüm adımında tüm bireysel seviye popülasyonları tam olarak çözülür. Seviye gruplarının konsepti süperseviye konseptiyle karıştırılmamalıdır; eski durumda seviye grupları, seviye popülasyonları belirlenirken sadece doğrusallaştırmayı küçültecek matrisleri yapmak için sayısal bir hileydi; sonraki durumda, süperseviyeler, süperseviye bileşenlerinin yaklaşık bireysel popülasyonlarla birbirlerine Boltzmann dengesinde olduğu varsayılır. Aslında kullanıcı seviye grupları içinde bireysel süper seviyeler grubu yapabilir.

= 0 – seviye doğrusallaştırılır (kendi grubunu oluşturur);

< -100 – verilen seviye seviye grubunun bir üyesidir. Her seviyede IMODL'un aynı değeriyle tanımlanan bir grup. Örneğin IMODL=-101 ile tüm seviyeler bir grup olacaktır, IMODL=-102 ile başka bir grup, vb. Aynı çokluk ve eşlik düzeylerine göre seviye grupları oluşturmak için tavsiye edilir. IMODL parametresinin gerçek değeri önemsizdir.

8.2 Bağılı-serbest geçişler için parametreler

Yapı aşağıdaki gibidir. Hesaba katılacak her geçiş bir standart kayıt tarafından belirlenir. Eğer geçiş detaylı ışınım dengesinde olduğu varsayılırsa başka hiçbir kayıt yoktur. Aksi durumda bazı kontrol parametrelerinin gerçek değerlerine dayalı olarak her geçiş için bir ya da daha fazla ek kayıt yapılır.

Sürekli geçişler için giriş parametrelerinin standart kaydı

II – düşük seviyenin göreceli indeksi (yani, II=1 zemin konumuna karşılık gelir, vb.)

JJ – yüksek seviyenin göreceli indeksi

MODE – geçişlerde ışınım oranlarının uygulamalarının modu:

= 0 – ayrıntılı ışınım dengesi (yani ışınım oranları değerlendirilmemiştir; fakat çarpışma oranları değerlendirilmiştir);

> 0 – temel olarak doğrusallaştırılmış geçiş;

< 0 – temel ALI geçişi;

Not: “temel doğrusallaştırma” ya da “temel ALI” ayrımı süreklilik için herhangi bir anlam ifade etmez;

Abs (MODE) = 5 ya da 15 – verilen süreklilik sahte süreklilik tarafından tamamlanır. Sahte süreklilik, verilen sınıra yaklaşan, karşılık gelen spektral serisinin çözünmüş bir parçasıdır. Bu durumda sahte süreklilik olarak kabul edilen minimum frekansı belirleyen, mevcut olanı takip eden ek bir kayıt yoktur.

IFANCY – Fotoiyonizasyon enine kesitlerin değerlendirilmesi modu (detaylı anlatım için bkz. Ek 1):

= 0 – hidrojenik fotoiyonizasyon enine kesit, Gaunt faktörü ile 1'e ayarlanır;

= 1 – tam Gaunt faktörü ile hidrojenik enine kesit;

= 2 – Peach-tipi ifadesiyle enine kesit;

= 3 – değiştirilmiş Peach-tipi ifadesi (Henry-tipi olarak anılır);

= 4 – Butler uyum formülü (polinom opaklık projesi sonuçlarına uygun);

= 5 – Verner tablolarından enine kesit;

- = 7 – Klaus Werner’den Gaunt faktörleri ile hidrojenik enine kesit;
- = 9 – Opaklık Projesi verileri RBF.DAT (eski opsiyon) adı verilen özel bir dosyada saklanır.
- = 11 ya da 13 – Seaton-Ferney’in kübik uygunluğu ile He I için Opaklık Projesi enine kesit;
- = 11 – çokluk anlamına gelir S=1 (tekli);
- = 13 – çokluk anlamına gelir S=3 (üçlü);
- = 10 – Opaklık Projesine dayalı olarak He I için enine kesit, fakat uygun ortalama olarak bir ortalama seviyesi (açıklamalar bkz. SBFHE1);
- = 21 – Koester uygunluğundan He I zemin konumu için enine kesit (A&A 149, 423);
- > 49 ve < 100 – Bir süper seviye için önceden hesaplanmış enine kesit. Daha sonra IFANCY giriş ünite sayısının hangi veriden okunduğunu gösterir.
- > 100 – Opaklık Proje verisi, direkt ardından verilen kayıt. IFANCY’ de 100 veri noktası vardır. < 0 – Standart dışı ifade, kullanıcı tarafından verilen altyordam (SPSIGK).

ICOL – Çarpışma oranının değerlendirilmesi modu;

- ≥ 0 – Çarpışma oranının zaten programda kodlanmış olan bazı standart ifadelerle değerlendirildiği anlamına gelir – ayrıntılar için bkz. Ek 1
- = 0 – Seaton formülü. Burada eşikteki fotoiyonizasyon enine kesitin değeri OSC0 dizisinde iletilir;
- = 1 – Allen formülü; yine, OSC0 gerekli çarpımsal parametre anlamına gelir
- = 2 – sözde SIMPLE1 modu – bkz Ek 1;
- = 3 – sözde SIMPLE2 modu – bkz Ek 1;
- < 0 – standart olmayan ifade, kullanıcı tarafından verilen prosedür (CSPEC)

IFRQ0, IFRQ1 – Frekans noktalarının otomatik ayarlanması durumunda bazı frekans noktalarının süreklilik içinde doğrusallaştırma modu anlamındadır. Dikkat edilmesi gereken şey, böyle bir durumda süreklilik frekans noktaları ALI modunda varsayılan olarak işlem görür.. Eğer IFRQ0 ve IFRQ1 sıfır-olmayan ise, süreklilik içindeki IFRQ0’inci ve IFRQ1’inci arasındaki tüm frekans noktaları doğrusallaştırma moduna ayarlanmalıdır. Tipik olarak kullanıcı hidrojen Lyman sürekliliği için IFRQ0=1 ve IFRQ1=4 ayarlamasını yapar ve bazen He II Lyman sürekliliği içinde benzer şekildedir.

OSC0 – ilk çarpışma parametresi.

CPARAM – ikinci çarpışma parametresi.

Sürekli geçişler için ek giriş parametreleri

Çoğu durumda, aşağıda belirtilen, ilk kayıta listelenen temel parametrelerin kod değerlerine bağlı sürekli geçişler için bir ya da daha fazla ek giriş kayıtları vardır:

(1) **MODE** = 5 ya da 15 için, yani verilen süreklilik sahte süreklilikle takviye edildiğinde (yani verilen sınıra yaklaşan karşılık gelen spektral serinin çözünmüş bir parçası) Bu durumda, mevcut olanı takip eden bir sayı içeren bir ek kayıt vardır:

FR0PC – Sahte süreklilik olarak kabul edilen minimum frekans.

(2) **IFANCY** = 2,3 ya da 4 için, 4 numarayı içeren 1 ek kayıt mevcuttur:

S0, ALF, BET, GAM – Peach, Henry ve Butler formunda fotoiyonizasyon enine kesit değerlendirmesi için parametreler.

(3) **IFANCY** > 100 için, Opaklık Projesi fotoiyonizasyon verileri için uygun noktaları içeren iki ya da daha fazla ek kayıt vardır. **IFANCY**'nin gerçek değeri **IFANCY-100** uygun nokta olduğu anlamına gelir. İlk kayıt/lar (ya da gerekirse fazlası) **XTOP**'un değerlerini içeren **IFANCY-100 CTOP**'un değerleri ile devam eden aynı sayıda kayıtların:

XTOP – x , $x = \log_{10}(v/v_0)$ 'in değeri, uygun noktanın, sınır frekansının v_0 olduğu yerde;

CTOP – Uygun noktanın, enine kesitin karşılık gelen değeri $CTOP = \log_{10}(\sigma_v \times 10^{18})$ olarak ifade edilir

8.3 Bağlı-bağlı geçişler için parametreler

Yapı bağlı-serbest geçişler için benzerdir, bkz 8.2. her geçiş hesaba katılmak için bir standart kayıt yoluyla belirlenir. Eğer geçiş detaylı ışınım dengesinde olduğu kabul edilirse başka hiçbir kayıt yoktur. Aksi takdirde bazı kontrol parametrelerinin değerlerine bağlı olarak her bir geçiş için bir ya da daha fazla ek kayıt vardır.

Hat geçişleri için giriş parametrelerinin standart kaydı

II – Düşük seviye indeksi

JJ – Yüksek seviye indeksi

MODE – Geçişlerde ışınım oranlarının uygulamasının modu.

= 0 – ayrıntılı ışınım dengesi (yani ışınım oranları değerlendirilmemiştir; fakat çarpışma oranları değerlendirilmiştir);

> 0 – temel olarak doğrusallaştırılmış geçiş;

< 0 – temel ALI geçişi;

= 1 ya da -1 – "normal" hat (yani bir ODF tarafından temsil edilmeyen herhangi bir hat)

= 2 ya da -2 – normalden bir "birleştirilmiş" seviyeye geçiş karşılık gelen bir ODF (yani spektral serinin tüm yüksek üyeleri aynı kefeye konulur). Bu durumda ODF TLUSTY tarafından hesaplanır. Bu opsiyon tipik olarak H ve He II için kullanılır.

= 3 ya da -3 – OS modunda, TLUSTY temel atomik verilerden detaylı enine kesitleri hesaplar, ODF ayrı bir program tarafından hesaplanır ve iki ek girdi dosya aracılığı ile TLUSTY ile iletişime geçer.

= 9 ya da -9 – geçişlerin toplam radyasyon basıncı sıfıra ayarlanır. Bu seçenek, belirli bireysel güçlü hatlarda atmosferde büyük radyasyon basıncından dolayı sayısal kararsızlıkların yanısıra fiziksel kararsızlıklardan kaçınma anlamına gelir (C IV ya da N V rezonans çizgileri gibi).

Bu seçenek kullanılmıyor! XGRAD anahtar kelimesi yerine bkz. Bölüm 6.13 ve 7.3 kullanın). > 100 ya da < -100 – frekans ya da geçiş dalgaboyunu içeren bir sonraki gerekli giriş kaydı; MODE derhal MODE-100'e değiştirilir(ya da negatif MODE için MODE+100). Bu opsiyon kullanıcı seviye enerjilerinin bir farka karşılık gelen geçişin farklı frekanslarına ihtiyaç duyarsa kullanışlı bir opsiyondur (örneğin normal ve ODF hatlarının sahte örtüşmesini engellemek)

IFANCY – Soğurma profili uygulamalarının modu (sadece "normal" hatlar için anlamı vardır yani $\text{abs}(\text{MODE})=1:=0$ – Doppler profili ile;

=1 ya da -1 – Voigt profili;

=2 ya da -2 – hidrojenik hatlar için Stark(+Doppler) profili;

≥ 10 – kullanıcı tarafından sağlanan (PROFSP) altyordam tarafından verilen standart olmayan ifade;

> 0 – hat merkezlerinden en uzak frekans noktaları için soğurma profili 0 olarak alınmalıdır; < 0 – en uzak frekans noktaları için soğurma profili tam olarak değerlendirilmelidir.

ICOL – Çarpışma oranları değerlendirilmesi modu;

≥ 0 – zaten programda kodlanan çarpışma oranlarının standart ifadesi anlamını taşır – detaylar için bkz. Ek 1.

< 0 – kullanıcı tarafından sağlanan (CSPEC) prosedürü tarafından verilen standart olmayan ifade;

$= 0$ – bir “standart” $\bar{g} = 0.25$ ile Van Regemorter formülü

$= 1$ – CPAR’ da iletilen bir “kesin” \bar{g} ; \bar{g} ile Van Regemorter formülü;

$= 2$ – sözde SIMPLE1 modu – bkz. Ek 1;

$= 3$ – sözde SIMPLE2 modu – bkz.

Ek 1; $= 4$ – Eissner-Seaton formülü

– bkz. Ek 1; farklı H, He I ve He II

için ICOL’un anlamı:

- ICOL = 0 – Mihalas, Heasley ve Auer’dan (1975) alınan yaklaşık ifadeler;

He I bağlı-bağlı geçişler için aşağıdaki standart olasılıklar da mevcuttur: •ICOL=1,2 ya da 3 – altyordamı D.G.Hummer (COLLHE) tarafından yazılmış çok daha kesin Storey oranları. Bu prosedür sadece $n = 1, \dots, 4$ konumları içindeki geçişler için kullanılır. •ICOL = 1 ortalama olmayan konumlar arasında verilen geçiş anlamını taşır. Bu durumda altyordam COLLHE’ de verilen He I enerji seviyeleri uyusmalıdır, yani konumlar artan frekansların sıklık sırasına göre etiketlenmelidir.

- ICOL = 2 – verilen geçişin bir ortalama olmayan alt konum ile bir ortalama üst konum arasında bir geçiş olduğu anlamına gelir.

- ICOL = 3 – verilen geçişin iki ortalama konum arasındaki geçiş olduğu anlamına gelir.

IFRQ0, IFRQ1 – Onların sıfır-olmayan değerleri IFRQ= ve IFRQ1 indeksleri (1 ile başlayan bir hat için iç indeksler) arasında frekans noktaları uygulamaları modu (yani ALI ve doğrusallaştırılmış) için değişiklik sinyali. Örneğin, verilen geçiş öncelikle bir ALI (MODE<0) ise IFRQ0 and IFRQ1 arasındaki noktalar doğrusallaştırılmış olarak alınacaktır.

OSC – Osilatör gücü

$= 0$ – program ölçekli osilatör gücünü atar;

CPARAM – İkinci çarpışma parametresi (ayrıntılar için bkz. Ek 1)

Hat geçişleri için ek giriş parametreleri

Çoğu durumda, ilk kayıta listelenen temel parametrelerin kodlama değerlerine bağlı olan, hat geçişi için bir ya da daha fazla ek giriş kaydı vardır, aşağıda tanımlanmıştır. Daha çok giriş kaydı durumunda, aşağıda listelenmiş düzenli bir şekilde görünmelidirler:

(1) hattın değiştirilmiş frekansı – eğer $\text{abs}(\text{MODE}) > 100$ ise

FROINP – Çizginin frekansı (veya dalgaboyu - $\text{FROINP} < 10^{10}$ ise değer Å' da dalgaboyu olarak anlaşılır) eğer karşılık gelen seviye enerjilerinin hesaplanmış değerinden farklı olması gerekiyorsa. Bu opsiyon kullanışlıdır, örneğin, bir normal ve ODF hattının sahte örtüşmesini önlemek için.

(1) “normal” hat geçişleri için ek giriş parametreleri, yani bunlar $\text{abs}(\text{MODE})=1$ ile ODF tarafından temsil edilmezler.

LCOMP – Düşünülen soğurma profil modu:

= .FALSE. – bağımsız derinlik profili;

= .TRUE. – bağımlı derinlik profili.

INTMOD – Çizgideki frekans noktaları ve ağırlıklarının ayarlanması modu:

= 0 – frekans noktaları ve ağırlıklarının zaten NJREAD ve NFREAD frekansları arasında okunduğu anlamına gelir; 6=0 – frekans noktaları ve ağırlıkları aşağıdaki olasılıklardan biri olarak değerlendirilir:

= 1 – eşit uzaklıklardaki frekanslar, trapez entegrasyonu;

= 2 – eşit uzaklıklardaki frekanslar, Simpson entegrasyonu;

= 3 – Bütün entegrasyon alanı kaplanana kadar her bir sonraki entegrasyon katı kadar 3 Simpson noktası entegrasyonuna ayarlanan bir “değiştirilmiş Simpson” entegrasyonu, =4 – doğrudan doğruya sonra gelen kayıt/lardan okunan frekanslar ve ağırlıkları (x üzerinde bütünleşme için).

NF – Çizgideki frekans noktaları sayısı (sadece INTMOD 6=0 için bir anlamı vardır)

XMAX – Çizginin maksimum frekans derecesi (referans Doppler genişliğinin biriminde):

= 0 – program varsayılanı $\text{XMAX}=4.55$ 'e ayarlar

> 0 – hat merkez çevresinde simetrik farzedilir; referans Doppler genişliği biriminde (referans Doppler genişliği standart sıcaklık TSTD ve standart mikrotürbülent hız VTB ile hesaplanır) x frekansının hat merkezinden farklı olduğu yerde frekans noktaları $x = 0$ ve $x = XMAX$ arasında ayarlanır:

< 0 – frekans noktaları $x = XMAX$ ve $x = -XMAX$ arasında ayarlanır

Önemli Not: Örtüşen modda (IOVER > 0 varsayılan) tüm hatlar tam profil moduna varsayılan olarak ayarlanır. Bu nedenle XMAX pozitif olarak kodlanmış olsa bile $-XMAX$ 'a ve NF, 2 x NF – 1'e ayarlanır.

TSTD – Referans Doppler genişliği için karakteristik sıcaklık:

= 0 program varsayılan standart sıcaklığı ayarlar, $TSTD = (3/4)T_{eff}$

(2) Eğer bir Voigt profili kabul edilirse (yani, eğer IPROF =1) ilgili yavaşlatma parametrelerinin bir değerlendirmesi olarak belirtilen bir ek giriş kaydı gerekmektedir – bkz. Altyordam DOPGAM **GAMR** – doğal genişleme göstergesi:

> 0 – doğal yavaşlatma parametresi (yani kendiliğinden emisyon için Einstein katsayısı);

= 0 – klasik doğal yavaşlatma $\Gamma = 2.4734 \times 10^{-8} v^2$ kabul edilir;

< 0 – standart olmayan tarafından verilen doğal yavaşlatma, kullanıcı GAMSP prosedürü sağlar **STARK1** – Stark genişlemesi göstergesi:

= 0 – Stark genişlemesi yok sayılır;

< 0 – ölçekli klasik ifade, yani $\Gamma = -STARK1 \times \Gamma^{clas}$, $\Gamma^{clas} = 10^{-8} n_{eff}^{5/2} n_e, n_{eff}$ olduğu yerde üst seviyenin etkin kuantum sayısı;

> 0 – STARK2 ve STARK3'ün giriş parametresi olduğu yerde Stark genişlemesi $n_e STARK1 \times T^{STARK2}_+$

STARK3 tarafından verilir

STARK2, STARK3 – bkz.

Aşağıya;

VDWH – Van der Waals

göstergesi: ≤ 0 – Van der

Waals genişlemesi yok

sayılır > 0 – Ölçekli klasik anlatım.

(4) ”birleştirilmiş süperhat” geçişi için ek giriş parametreleri, bir ODF’nin aracıyla uygulanan birleştirilmiş seviyeye geçiş – yani $\text{abs}(\text{MODE})=2$:

KDO(1),KDO(2),KDO(3),XDO(1),XDO(2),XDO(3),KDO(4) – Parametreler aşağıdaki anlamı taşır: Süperhatlar dört frekans aralığı tarafından temsil edilmektedir. ODF’nin zirvesinden gidiş, ilk aralık XDO(1) mesafesi ile noktalar arasındaki referans Doppler genişlikleri bir KDO(1)-Simpson noktası entegrasyonu tarafından temsil edilir. İkinci ve üçüncü aralıklar için de aynıdır. Geri kalanlar (son

nokta ve karşılık gelen sınır arasındaki aralık) KDO(4)- noktası Simpson entegrasyonu tarafından temsil edilir. Referans Doppler genişliği efektif sıcaklığa karşılık gelir.

8.4 Süperseviyeler için enerji bantları

Sonunda, demir yığını elementleri için veri dosyaları süperseviyeleri oluşturmak için kullanılan enerji bantlarının limitlerini sağlamalıdır, önce tek-parite seviyeleri sonra çift parite seviyeleri için. Bu sadece OS modunda, TLUSTY’nin Kurucz dosyalarından bireysel enerji seviyelerinin ayrıntılı listelerini okuduğu ve süperseviyeleri oluşturduğu yerde gereklidir. Bu enerji bantlarının listesi listenin en üstünde verilen seviye verileri ile tutarlı olmalıdır.

8.5 Örnekler

Enerji seviyeleri

hidrojen için bir giriş çok basittir; örneğin zemin durumu aşağıdaki kayıt ile belirlenir

0. 0. 0 ’ (N=1) ’ 1 0.0

çünkü enerjiler ve istatistiksel ağırlıklar hidojeniktir. Beşinci girişteki 1 numarası tam işgal olasılığı ve

seviye çözünmesinin dikkate alınacağını gösterir. “birleştirilmiş” seviye

0. 0. 0 ‘ merged ‘ -1 0. 0 olarak belirtilir

He I zemin durumu

5.94503520D+15 1. 1 '1 sing S' 0 0.0 olarak belirtilir

Bağlı-serbest geçişler

Hidrojen Lyman sürekliliği, He I ve bir He II seviyesi için 9 seviyenin bir hidrojen model atomu oluşması için, örneğin,

1 10 5 1 0 1 4 0. 0. ! Lyman continuum supplemented by pseudocontinuum

2.6D15 ! Lyman pseudocontinuum extends to nu=2.6D+15 belirtilir

6. ve 7. Girişler, IFRQ0 ve IFRQ1, belirtilmelidir ki Lyman sürekliliğinde 1.' den 4.' ye kadar frekans noktaları doğrusallaştırılmış moda (ALI modunda değil) uygulanacaktır. Daha önce belirtildiği gibi, toplam bilgisayar zamanı hemen hemen değişmeden kalırken yakınsama oranı önemli ölçüde arttığından beri bu opsiyon kullanıcıya tavsiye edilmektedir (ayrıca geniş tartışmalar için bkz. Hubeny & Lanz 1995). N III'ün zemin konumunun bir örnekle belirlenmesi, vis.

1 16 1 107 0 0 0 5.006E-19

0.000E+00

0.002 0.024 0.069 0.169 0.550 0.928 1.170

0.232 0.3590.4010.232 -0.528 -1.384 -2.113

OP fotoiyonizasyon verisinin bir düzeltme noktası temsilini nasıl kullanacağını gösterir. Bu durumda 2. Kayıtta belirtilen göreceli frekans x ve 3. Deki enine kesitin (Mb içinde) logaritması ile 7 nokta (IFANCY=107) vardır. Diğer özellikler: çarpışma oranı Seaton formülü (ICOL=0 ilk kayıttaki 5. giriş) $\sigma_0 = 5.006 \times 10^{-19}$ – 8. Giriş ile değerlendirilir.

Çizgi geçişleri hidrojen $L\alpha$ hattı, hidrojen yoluyla, örneğin

1 2 -1 0 0 6 8 0. 0.

F 1 7 0. 0. şeklinde belirlenir

Bu durumda, hat frekansları ağırlıklı olarak ALI (MODE=-1) modundan alınır fakat 6 – 8 noktaları farklı uygulamalara ayarlanır, yani doğrusallaştırılır. Hat derinlik-bağımsız (LCOMP=F) ile alınır, Doppler profili (IFANCY=0). Frekans noktalarının sayısı 7'ye (NF=7) ayarlanır fakat biz hat-örtüşmesi modu anahtarının IOVER=1 standart değeri varsayalım, hattın tam profil olarak (çekirdek hattından her iki tarafa uzanan) otomatik olarak alınması durumunda frekans noktalarının gerçek sayısı $2 \times 7 - 1$, yani 13. Çekirdek frekansının indeksi 7'dir.

$L\alpha$ için benzer girdi, fakat tam(derinlik-bağımlı) Doppler + Stark genişlemesi ile, örneğin;

1 2 -1 2 0 22 32 0. 0.

T 3 27 1022 0.

Referans Doppler genişlikleri 1022'ye genişlediği varsayılan yerde hat 53 frekans noktası tarafından temsil edilir.

Eğer $L\alpha$ 'nın detaylı ışınım dengede olduğu kabul edilir ise kullanıcı tek kayıt kodlayabilir, 1 2 0 0 0 0 0. 0.

Yukarıda $L\alpha$ uygulamalarının belirtilmesi ile geçişin hiçbir şekilde belirtilmemesi arasında önemli ölçüde fark olduğunu vurgulamak isteriz. İkinci durumda ne çarpışma ne de ışınım oranları hesaplanır yani geçişin hem çarpışma hem de ışınım dengede olduğu varsayılır. Böylece seviyeler birbirinin içinde Boltzmann dengesinde olmaya zorlanmış oluyor. Önceki durumda çarpışma oranları hesaplanır ancak seviyelerin dengede olması zorlanmaz. Dengeden çıkış çarpışma oranları ve kendi fotoiyonizasyon oranlarının ilgili değerleri tarafından belirlenir.

9 BAŞLANGIÇ MODEL ATMOSFER

Baştan bir LTE model hesaplamasının dışında başlangıç model atmosfer gereklidir. (yani LTGRAY = .TRUE. tarafından kodlanan LTE-gray modeli). Girdi birimi 8 tarafından iletilir. Çoğu başvurularda kullanıcı dosyanın yapısı hakkında düşünmek zorunda değildir çünkü genellikle TLUSTY'nin önceki modeli tarafından oluşturulur.

Ancak program aynı zamanda TLUSTY tarafından oluşturulan farklı açık atomlar, iyonlar ve enerji seviyeleri seçimleri güncel model için belirtilmiş olan model atmosferi kabul eder. Başlangıç modeli bir LTE modeli ise bu kolaydır. Eğer başlangıç modeli NLTE ise giriş tüm

açık seviye popülasyonlarını içerir ve bu nedenle seviyelerin güncel indeksi ile uyumsuz olacaktır. Sonuç olarak özel giriş sıfır olmayan olması için ICHANG parametresi kodu yoluyla bildirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak program Kurucz' un standart formatında bir Kurucz model atmosferi başlangıç model olarak kabul eder. Şimdi ilgili giriş parametrelerini detaylı olarak tanımlayacağız

9.1 TLUSTY giriş model atmosfer

- **1. Blok**

NDEPTH – verilen başlangıç modelde derinlik noktalarının sayısı (ND'ye eşit değilse DM'yi ayarlamak için log(DM) lineer ekleme yoluyla otomatik ekleme yapar).

NUMPAR – her bir derinlik için giriş model parametrelerinin sayısı:

=3 (ya da diskler için 4) – LTE model için;

>3 (ya da diskler için 4) NLTE model için

- **Sonraki blok**

DEPTH (ID=1,NDEPTH) – giriş modeli için derinlik şebekesi (yani, g cm^{-2} 'de bir sütun kütlesi)

- **Her bir derinlik noktası için**

T – sıcaklık, T [K]

ANE – elektron yoğunluğu, n_e (cm^{-3})

RHO – kütle yoğunluğu, ρ (g cm^{-3})

ZD – merkez hattından geometrik uzaklık (cm) – sadece diskler için

Seviye popülasyonları – sadece NLTE giriş modelde gereklidir (fakat popülasyon bir LTE model için mevcut olabilir buna rağmen hemen yeniden hesaplanırlar). Giriş seviye popülasyonlarının sayısı NLEVEL'e eşit olmalıdır; bu durumda ICHANGE sıfır olmayana kodlanmalıdır. Sonuç olarak kalan seviye popülasyonlarını hesaplamak için START' tan altıyordam CHANGE devreye girer, ve /veya seviyelerin indeksini değiştirmek için – bkz. Aşağıya.

- Eğer INTRPL > 0 ise – Bölüm 8' den yeni derinlik ölçeği DM (yani g cm^{-2} de sütun kütlesi) olarak adlandırılan güncel versiyonda kullanılacak olan bir ek giriş mevcuttur.

9.2 Giriş seviye yapısının değiştirilmesi

Açık seviye yapısının değiştirilmesi ICHANGE parametresi tarafından kontrol edilir – bkz § 6.4. Parametre negatif kodlanmış ise, daha sonra “eski” (yani giriş model) ve “yeni”nin (yani güncel versiyonda hesaplanmış olanlar) uygun olarak tanımlanan ek giriş gereklidir. Bu opsiyon genellikle kullanışlıdır, örneğin, ilk baştan başlamaya gerek kalmadan zaten yakınsanmış modele daha çok seviyeler eklemek için.

“Yeni” seviye popülasyon sisteminde her bir açık seviye için, $II=1, NLEVEL$, aşağıdaki parametreler gereklidir:

IOLD – temel uygunluk göstergesi:

> 0 – Bu seviyenin popülasyonları giriş popülasyonları grubunun içinde yer aldığı anlamındadır;

“eski” (yani giriş) numaralandırmada IOLD onun indeksidir. Bu durumda takip eden parametreler bir anlam içermez.

= 0 – bu seviyenin “eski” seviyeler grubu içinde eşdeğer olmadığı anlamındadır. Böylece bu seviyenin popülasyonunun ilk baştaki tahmini hesaplanabilir, takip eden özellikler takip eden parametrelere bağlıdır:

MODE – popülasyonun nasıl değerlendirildiğini gösterir:

= 0 – popülasyon ISIOLD indeksi ile “eski” seviyenin popülasyonuna eşittir, REL ile çarpılır;

= 1 – seviyenin, “eski” (yani giriş) popülasyon grubunun içinde “eski” numaralandırma NXTOLD indeksi ile olması gereken popülasyon sonraki iyonizasyon derecesinin ilk konumu ile ilgili olarak LTE içinde olduğu varsayılır. Bu şekilde belirlenen popülasyon ayrıca REL ile çarpılarak olabilir.

= 2 – Popülasyon, seviye ISINEW’in b-faktörü olarak aynı b-faktör (NLTE ve LTE popülasyonlarının arasındaki oran olarak tanımlanır) popülasyon olduğu varsayılarak belirlenir (mevcut numaralandırmada) ISINEW seviyesi “eski” grubun içinde eşdeğer olmalıdır; bu indeks “eski” grupta ISIOLD’tur, ve “eski” numaralandırmada sonraki iyonizasyon derecesinin ilk konumunun indeksi NXTSIO’ dur. Bu şekilde belirlenen popülasyon ayrıca REL ile çarpılarak da olabilir. = 3 – Bir iyona ya da bir atoma karşılık gelen seviye eski sistemde açık değildi; popülasyonun bir LTE olduğu kabul edilir.

NXTOLD – bkz. yukarıya

ISINEW – bkz. yukarıya

SIOLD – bkz. yukarıya

NXTSIO – bkz. yukarıya

REL – popülasyon çarpanı - bkz. yukarıya

= program REL=1'e ayarlanır

9.3 Kurucz giriş model atmosfer

TLUSTY ayrıca Kurucz modeli başlangıç model olarak kabul eder. Dosyaların formatı standart Kurucz çıkış dosyalarıdır. Kurucz modeli INTRPL parametresini -1'e ayarlar("yeni" giriş formatında) ya da negatif değerle birlikte("eski" giriş formatında zorunlu olan) GRAV parametresini okur

Kullanıcı hala Kurucz tarafından kullanılan farklı derinlik şebekesi ekleyebilir. INTRPL parametresi bu amaç için kullanılmadığından beri kullanıcı Kurucz modeli dosyanın sonuna iç INTRPL eklemek zorundadır, m ($g\ cm^{-2}$) değerleri yoluyla takip edilir.

Not: Genellikle Kurucz modelinin ilk derinlik noktası yanlıştır ve bu nedenle atlanır. Kullanıcı derinliğe ekleme yapmak istemezse opsiyonel parametre ND 63'e ayarlanmalıdır (yani ND=63 opsiyonel parametreler dosyasında görünür olmalıdır (bkz. § 6.7).

10 ÇIKTI

Birçok çıktı dosyası vardır. Bunları iki gruba böldük, listeledik ve aşağıda tanımladık. Varsayılan olarak tüm çıktı dosyaları taşınabilirlik için ASCII dosyaları olarak oluşturulur. TLUSTY çıktı dosyaları için herhangi bir belirgin AÇIK konum içermez bu yüzden dosyalar nn 'nin birim numarasına karşılık geldiği yerde *fort.nn* adıyla oluşturulur.

1. Temel çıktı, her zaman oluşturulur
 - Birim 6 - Standart çıktı
 - Birim 7 - Yoğun model atmosfer
 - Birim 9 - Yakınsama günlüğü
 - Birim 10 - Performans ve hata günlüğü
 - Birim 12 - b -faktörleri (NLTE ayrılış katsayıları)

- Birim 13 - Tüm frekans noktalarında ortaya çıkan akı
 - Birim 18 - Biçimsel çözümleme için yakınsama günlüğü
 - Birim 69 - Zamanlama günlüğü
2. Yardımcı çıktı, sadece gerektiğinde oluşturulur (karşılık gelen opsiyonel parametreler yoluyla – bkz. Bölüm 6.14
- Birim 14 – Ortaya çıkan akı (açı-bağımlı) tüm frekans noktalarında belirgin yoğunluklar (sadece Compton saçılması durumunda uygulanan)
 - Birim 16 – İstatistiksel denge denklemi çözümü kontrolü
 - Birim 17 – Her yinelemede yoğunlaştırılmış model atmosfer
 - Birim 85 – Tüm sürekli frekansların opasiteleri
 - Birim 86 – Toplam ve net soğutma oranları
 - Birim 87 – Tüm iyonlar için ayrıştırılmış net soğutma oranları

10.1 Temel standart çıktı

Birim 6: Standart çıktı dosyası:

Model oluşturma prosedürünün genel günlüğüdür, giriş verileri, bazı performansları(ve olası hataları) içeren tabloları gösteren mesajlar gösterir ve çıktı modelin farklı tablolarını yazdırır. Birçok durumda bu tablolar kendi açıklamalarını içerirler (kendini-açıklayan).

Birim 6 çıktı miktarı giriş parametrelerine bağlıdır. Örneğin LTE-grey model oluşturulması durumunda tablo hesaplanmış LTE-grey modelleri içerir. Çıktının diğer önemli bir kısmı konveksiyon dikkate alınması durumunda tablolar çeşitli miktarlarda üretilmişleri içerir.

Not: Birim 6, yanlışlıkla ya da kasten silinir ise birim 7 çıktısını girdi(birim 8) gibi kullanarak TLUSTY'nin basitçe çalıştırılmasıyla tekrar oluşturulabilir ve birim 5 ile aynı; bunun için kullanıcı opsiyonel parametrelerde NITER=0 olarak belirtmesi gerekmektedir.

Birim 7: Yoğunlaştırılmış model atmosfer:

Bu mekanizma-odaklı biçimde temel çıktıdır, yani herhangi bir tablo başlığı vb. olmadan. Altyordam OUTPUT tarafından oluşturulur. Bu dosya, Birim 8 olarak TLUSTY'nin başka bir

versiyonu giriş modeli ya da SYNSPEC ve çeşitli arayüzler ve yardımcı programlar olarak hizmet edebilir. Yapısı önceki bölümde tanımlanmıştır.

Bu dosya tam doğrusallaştırmanın sonraki yinelemesinin girilmesinden önce biçimsel çözümlerin her bir setinden sonra oluşturulmuştur ve her zaman üzerine yazılır böylece son tamamlanan yinelemede sadece miktarlar saklanır.

Birim 12 b-faktörleri:

Dosya Birim 7 çıktı dosyasına tam benzemektedir; sadece popülasyonun yârine dosya *b*-faktörlerini içerir (NLTE ayrılış katsayıları).

Birim 9: Yakınsama dosyası:

Çok önemli bir çıktı dosyasıdır ve kullanıcı her çalıştırdıktan sonra dikkatle kontrol etmek için teşvik edilmelidir (ayrıca bu dosyanın yerini belirlemek için bir IDL ve rutin PCONV vardır). Dosya altyordam PRCHAN tarafından üretilmiştir. Dosya, doğrusallaştırmayı tamamlamanın her bir yinelemesi için, sıcaklıklardaki göreceli değişikliklerin tablosunu, elektron yoğunluğunu, toplam parçacık yoğunluğunu, tüm popülasyonların maksimum göreceli değişikliklerini, radyasyonun tüm doğrusallaştırılmış ortalama yoğunluklarının maksimum göreceli değişikliklerini içerir (yani, IJALI = 0 ile frekans noktalarında) , maksimum göreceli değişikliklerin meydana geldiği yerde, tüm doğrusallaştırılmış miktarların maksimum göreceli değişiklikleri ve seviyelerin endeksi ve frekans noktası. Tüm bu miktarlar derinlik fonksiyonları olarak yazdırılır. Göreceli değişiklik (yeni değer / eski değer)/ yeni değer olarak tanımlanır. Değişiklikler azalan derinlik endeksi sırayla yazdırılır; bu doğrusallaştırma sistemi blockGaussian eliminasyonu yoluyla çözüldüğünden dolaydır (ileri eliminasyon + geriye ikame). Hesaplanmış model yakınsak olarak bildirilse bile göreceli değişiklikler kademeli olarak azalan olmak zorundadır; Son yinelemede hepsi opsiyonel parametre CHMAX tarafından verilen, öngörülen değer altına düşmesi gerekiyor (10^{-3} çoğu durumda en mantıklı değerdir).

Birim 10: Performans ve hata dosyası:

Bu dosya mümkün olduğunca birçok farklı altyordam tarafından oluşturulmuştur ve performans ile ilgili mesajlar içerir (ivmelenme günlüğü, ışının denge denklemi bölümü optik derinlikleri tekrar hesaplama ve tüm mesajlar bir hata durumu oluştuğunda program tarafından yazdırılır). Bu hatalar vahim (maksimum boyutların gerçek karşılıklarını kontrol ederken, tutarsız parametreler ile çeşitli rutinleri çağırırken, tam doğrusallaştırmadan uzaklaşma); ya da uyarılar (altyordam ELCOR'un yavaş yakınsaması – istatistiksel dengenin doğrusal olmayan sisteminin

bir çözümü + şarj koruma; negatif opaklıklar, vb.) şeklinde olabilir. Tüm mesajlar az ya da çok kendini açıklayıcıdır.

Birim 13 – Ortaya çıkan akı:

Son yinelemede altyordam OUTPRI tarafından oluşturulur. Dalgaboyu tarafından depolanan tüm frekans noktaları için aşağıdaki miktarları yazdırır:

FREQ – frekansın değeri (s^{-1} içinde)

FLUX – ortaya çıkan akı, radyasyonun belirli yoğunluğunun tam olarak ilk anı, H_ν , yüzeyde, $erg\ cm^{-2}\ s^{-1}\ Hz^{-1}$ içinde

FH – yüzeyde radyasyonun ortalama yoğunluğu olan $f_H = H_\nu(0)/J_\nu(0)$, $J_\nu(0)$ olduğu yerde yüzey Eddington faktörü f_H

Not: daha çok miktarların yazıldığı yerde çıktı yapısı önceki versiyona göre değiştirilmiştir.

Birim 18 - Biçimsel çözümlerin yakınsama günlüğü

RESOLV altyordamı tarafından oluşturulmuştur; Birim 9 ile benzeşir fakat sadece popülasyonların göreceli değişikliklerini içerir.

Birim 69: Zamanlama.

Yukarıda belirtildiği gibi bu dosya sadece Unix altında üretilir. TLUSTY'nin dağıtılan versiyonunda, makinaya bağlı talimatlar dışarıda yorumlanmıştır böylece dosya oluşturulmaz. Kullanıcı eski haline getirmek için sırayla ilk pozisyonda satır numaralarındaki, ve açıklama işareti C'yi silmek zorundadır. Dosya kendini açıklayıcıdır ve biçimsel çözüm için harcanan zamanı içerir (altyordam RESOLV ile bir sürücü gibi), ve yürütmenin başlangıcından itibaren geçen toplam süre ile birlikte doğrusallaştırma çözümü.

10.2 Yardımcı çıktı

Birim 14 - Açı bağımlı özel yoğunluklar

Bu dosya sadece Comptonizasyon durumunda oluşturulur, yani $ICOMPT > 0$ ise

Birim 16 - İstatistiksel dengenin kontrolü

Bu çıktı sadece opsiyonel parametre ICHCKP sıfır olamayana ayarlanırsa oluşturulur.

Her bir açık seviye için giriş ve çıkış toplam oranını ve her bir derinlik için onların giriş oranı yolu ile bölünen farklılıklarını yazdırır. Son sütun önceki iki sütundan oldukça düşük değerler içermelidir. Son yinelemede CHCKSE altyordam tarafından oluşturulur.

Birim 17 ve 20 – Her bir yineleme için yoğunlaşmış modeller

Bu çıktı sadece opsiyonel parametre IPRIND sıfır olmayana ayarlanmışsa oluşturulur.

Bu dosyalar sırasıyla Birim 7 ve Birim 12 çıktıları ile tamamen benzerdir; tek fark tüm tamamlanmış yinelemeler için değerlerin kaydediliyor olmasıdır. Bu dosyalar nihai modeller parçalandığında ya da sayısal nedenlerden dolayı birbirinden uzaklaştığında yakınsak modelleri kısmen kırtamak için kullanılır (örneğin ivme tekniklerinin uygunsuz kullanımı gibi, vb.)

Birim 85 - süreklilik frekanslarında opasiteler

Bu çıktı sadece opsiyonel parametre IPOPAC sıfır olmayana ayarlandığında oluşturulur.

Dosya NFREQC (süreklilik içinde frekans noktaları sayısı) blokları içerir; her bir blok bir frekans noktası için veri içerir. Blok önce frekans indeksi ve frekans değeri (Hz) sonra her bir derinlik noktası için opasitenin (gram başına) ND değerini içerir, ID= 1,...ND.

Birim 86 ve 87 – soğutma oranları

Bu çıktı sadece opsiyonel parametre ICOOLP sıfır olmayana ayarlandıysa oluşturulur.

Birim 86 dört sütun içerir; derinlik indeksi, saçılma etkisi olmadan toplam net soğutma oranı (C_{net}), saçılma dahil toplam net soğutma oranı (C_{net}^0) ve toplam soğutma oranı (yani gerçek ışınım soğutması – radyasyon ısıtmanın bir dengeleme etkisi olmadan, C_{tot}). İki net soğutma oranı tutarlı saçılma durumunda aynıdır (örneğin elektron saçılmasının Thompson limiti); ancak tutarlı olmayan saçılma için genellikle farklıdır (Compton).

$$C_{net} = 4\pi \int_0^{\infty} (\eta_{\nu} - \kappa_{\nu} J_{\nu}) d\nu ,$$

$$C'_{net} = 4\pi \int_0^{\infty} (\eta_{\nu} + \sigma_{\nu} J_{\nu} - \chi_{\nu} J_{\nu}) d\nu ,$$

$$C_{tot} = 4\pi \int_0^{\infty} \eta_{\nu} d\nu ,$$

η_{ν} emisyon katsayısı olduğu yerde; (termal) absorpsiyon katsayısı κ_{ν} , χ_{ν} . Tüm ν frekanslarda toplam sönme katsayısı (absorpsiyon + saçılma)

IPRIND 10'dan daha büyük bir değere ayarlanarak ek bir çıktı oluşturulur – Birim 87 – bu tüm açık iyonlar için ayrı soğutma oranları içerir.

11 EK 1 – ATOMİK PARAMETRELER

Fotoiyonizasyon enine kesitler

Fotoiyonizasyon enine kesitler aşağıdaki şekilde değerlendirilir:

- IBF = 0 için : $\sigma(\nu) = 2.815 \times 10^{-29} Z^4 \nu^{-3} n^{-5}$ (basitleştirilmiş hidrojenik)
- IBF = 1 için : $\sigma(\nu) = 2.815 \times 10^{-29} Z^4 \nu^{-3} n^{-5} g_{II}(n, \nu/Z^2)$ (tam hidrojenik)
- IBF = 2 için : $\sigma(\nu) = a[\beta x^s + (1 - \beta)x^{s+1}] \times 10^{-18}$ (Peach formülü)
- IBF = 3 için : $\sigma(\nu) = a[\Gamma x^s + (\beta - 2\Gamma)x^{s+1} + (1 + \Gamma - \beta)x^{s+2}] \times 10^{-18}$ (değiştirilmiş Peach)
- IBF = 4 için : $\sigma(\nu) = \exp[s + a \log x + \beta \log^2 x]$ (Butler uygunluk formülü)

$x = \nu_0/\nu$ olduğu yerde, $s=S0$, $a=ALF$, $\beta=BET$, ve $\Gamma=GAM$ 'dır. IBF parametresi altyordam START,SO, ALF, BET, GAM giriş parametrelerinde IFANCY olarak adlandırılır . Bundan başka, n ana kuantum sayısıdır ve Z etkili şarj (nötr için =1, iyonize edilmiş için 2, vb.) ve ν_0 eşik frekansı.

Çapışma oranları

Hidrojen:

- ICOL = 0 için : Mihalas et al. (1975)'den standart ifadeler.
- ICOL = 1 için : $Ly\alpha$ (Mihalas et al. 1975) için deneysel uyum formülü.
- ICOL = 2 için : $Ly\alpha$ after Crandall et al. (1974) için Tschebyshev uyum formülü.

He I:

- ICOL = 0 için : Mihalas et al. (1975)'den standart ifadeler.
- ICOL = 1, 2, 3 için : Berrington ve Kingston (1987) tarafından hesaplanan oranları StoreyHummer'a uyumu. Veri sadece $n \leq 4$ için verilir.
- ICOL = 1 için : verilen geçiş ortalama olmayan Is-konumları arasındaki geçiş anlamındadır.
- ICOL = 2 için : verilen geçiş ortalama olmayan alt Is-konumundan bir ortalama üst konuma geçiş anlamındadır.

- $ICOL = 3$ için : verilen geçiş iki ortalama konum arasındaki geçiş anlamındadır.

He II:

- $ICOL \leq 0$ için : Mihalas et al. (1975)'tan standart ifadeler

Diğer elementler:

İyonizasyon:

- $ICOL = 0$: $\Omega = 1.55 \times 10^{13} T^{-1/2} U_0^{-1} \exp(-U_0) \sigma_0$, $\sigma_0 \equiv OSC$ (Seaton formülü)
- $ICOL = 1$: $\Omega = c_0 T^{-3/2} U_0^{-2} \exp(-U_0)$, $c_0 \equiv OSC$ (Allen formülü)

12 EK 2 - YIĞILMA DİSKLERİNİN DENKLEMLERİ

Klasik diskler

Disk kararlı, geometrik ince ve Keplerian rotasyonunda kabul edilir. Dikey yapı, aksel simetrik konsantrik halkaların bir seti için paralel düzlem 1-D atmosfer hesaplaması olduğu yerde çözülür. Her disk yarıçapındaki R (disk merkez hattında belirtilen) bağımlı-derinlik yerçekimi (g) ile disk materyalindeki merkez yıldızın çekim kuvvetinin dikey bileşenlerinden kaynaklanan hidrostatik dengededir. Diskin kendi yerçekimini yok sayarsak ve R 'yi merkez düzlemden çok daha büyük mesafede varsayarsak

(z):

$$\frac{dP}{dz} = -g(z)\rho$$

$$g = \frac{GM_*z}{R^3}$$

P 'nin basınç olduğu yerde , ρ kütle yoğunluğudur, M_* merkez yıldız kütesidir ve G yerçekimi sabitidir. Kütle yüzey yoğunluğu standart disk model tarafından verilir (Shakura & Sunyaev 1973):

$$\Sigma \equiv 2 m_0 = \frac{\dot{M}}{3\pi\bar{w}} \left[1 - \left(\frac{R_*}{R} \right)^{1/2} \right]$$

$$\bar{w} = \frac{(GM_*R)^{1/2}}{Re}$$

\dot{M} 'in kütle transfer oranı olduğu yerde R_{*st} merkez yıldız yarıçapıdır ve \bar{w} derinlik ortalama kinematik viskozitedir, akışın Reynolds sayısı koşullarında parametrize olur (Lynden-Bell & Pringle 1974) ve Kriz & Hubeny 1986). w viskozitesi bir güç yasası olarak kütle sütun yoğunluğunun üstünde bir kesin fiziksel derinlik $m(z)$ değişikliğine izin verir:

$$w(m) = \bar{w}(\zeta + 1) \left(\frac{2m}{\Sigma} \right)^\zeta$$

Güç yasası indeksi ζ elektron saçılmasının baskın(sadece) olduğu optik kaynaktan düşük optik derinlik bölgesinde diskin “termal felaket” uğramasını önlemek için genellikle sıfırdan büyük bir değere ayarlanır (Hubeny 1989).

Disk Kepler yörüngeleri arasında viskoz kesmeleri tarafından harcanan tüm mekaniksel enerjii yayar. Standart formüle göre bu miktar aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$D_{\text{mech}}(z) = \frac{9GM_* w(z) \rho(z)}{4R^3}$$

Sonra enerji denge denklemi

$$\int_0^\infty (\kappa_\nu J_\nu - \eta_\nu) d\nu = D_{\text{mech}}(z) \text{ okur}$$

κ_ν ve η_ν 'nin absorpsiyon ve emisyon katsayısı olduğu yerde ve ν frekansında J_ν radyasyonun ortalama yoğunluğudur.

Yıldız atmosfer teorisinde alışılmış olduğu gibi, birim disk yüzü alanından, $D(R) = \int D_{\text{mech}}(z) dz$, σ 'nin Stefan-Boltzmann sabiti olduğu yerde efektif sıcaklığa, T_{eff} , as $\sigma T_{\text{eff}}^4 = D(r)$, doğru harcanmış toplam enerjii ifade eder. Bundan başka bir sabit varsayıldığında, Kepler disk, efektif sıcaklığı

$$T_{\text{eff}} = \left(\frac{3GM_* \dot{M}}{8\pi\sigma R^3} \left[1 - \left(\frac{R}{R_*} \right)^{1/2} \right] \right)^{1/4} \text{ ile verilir}$$

Temel varsayımları özetlersek:

- disk konsantrik halkaların bir set'i içerisinde ayrılmıştır, herbiri bağımsız paralel düzlem ışınım levhaları gibi davranır; optik kalınlıklar hakkında hiçbir varsayımda bulunulmaz. Kullanıcı TLUSDISK'i çalıştırmak için bir halkanın dikey yapısını hesaplar;
- Dikey z -doğrultusunda hidrostatik denge;
- enerji dengesi net radyasyon kaybı (ne optik ince ne de optik kalın[difüzyon] yaklaşımların yardımı olmadan net olarak hesaplanır)ve harcanmış mekanik enerji arasında bir denge olarak kabul edilir;
- harcanan enerji Reynolds sayısı ile verilen viskozite ile orantılıdır;
- merkez yıldız tarafından diskin aydınlatma etkisi Hubeny'nin(1990b) biçimciliği kullanılarak dikkate alınır.

Süper kütleli kara deliklerin etrafındaki diskler

Bu durumda yukarıdaki denklemler bu nedenlerden dolayı değiştirilmiştir i)genel göreceli etkilerin varlığı (burada Riffert ve Herold'ın 1995 biçimciliğini kabul ettik); ve

i) viskozitenin farklı parametrelendirilmesinin kullanma olasılığı. Denklem Hubeny ve Hubeny'de (1998) detaylandırılmıştır. Burada yukarıdaki biçimcilikle ilgili olarak bazı değişiklikleri tanımladık. Temel denklemler aşağıdaki gibi değiştirilmiştir:

ii) Dikey hidrostatik denge,

$$\frac{dP}{dm} = g(z),$$

derinlik bağımlı dikey yerçekimi ivmesi

$$g(z) = \frac{GM}{R^3} \frac{C}{B} z. \text{ yoluyla verilir}$$

G gravitasyonel yerçekimi, M kara delik kütlesi ve B ve C (daha sonra A ve D ile birlikte kullanılan)

Riffert ve Harold'un(1995) gösterimiyle sözde relativistik düzeltmelerdir. ii) *Enerji dengesi*;

$$\frac{9}{4} \frac{GM}{R^3} \left(\frac{A}{B} \right)^2 \rho w = 4\pi \int_0^\infty (\eta_\nu - \kappa_\nu J_\nu) d\nu.$$

Radyasyon akı'yı transfer denkleminin anlık denklemi yoluyla ifade etmezsek enerji denklemi farklı biçimlerde rol alabilir, şöyle ki

$$\frac{dF_{\text{rad}}}{dm} = -\frac{9}{4} \frac{GM}{R^3} \left(\frac{A}{B} \right)^2 w(m).$$

Efektif sıcaklık şimdi

$$T_{\text{eff}}^4 = \frac{3}{8\pi\sigma} \frac{GM\dot{M}}{R^3} \frac{D}{B}, \text{ tarafından verilir.}$$

(iii) Dikey-ortalama viskozite

Dikey-ortalama kinematik viskozite ister yukarıdaki gibi Reynold sayısı ile verilsin ister efektif α_0 -parametresi yoluyla verilsin bu dikey ortalamanın dikey ortalama basıncı baskılamasıyla ilgilidir. Dikey ortalama kinematik viskozite α_0 yoluyla

$$\bar{w} = 2\dot{M}^2\alpha_0 \sqrt{\frac{GM}{R^3}} \left(\frac{\sigma_e}{8\pi m_{Hc}}\right)^2 \frac{D^2}{AC}, \text{ şeklinde verilir}$$

m_H hidrojen atomunun kütlesi ve σ_e enine kesit elektron saçılması (Thompson) olduğu yerde eğer kullanıcı α -parametrizasyonunu kabul ederse toplam sütun kütlesi

$$m_0 = \frac{16\pi}{3} \left(\frac{m_{Hc}}{\sigma_e}\right)^2 \sqrt{\frac{R^3}{GM}} \frac{1}{\dot{M}\alpha_0} \frac{BC}{AD}, \text{ yoluyla verilir}$$

α_0 ve Re arasındaki ilişki

$$Re = 2 \left(\frac{4\pi m_{Hc}}{\sigma_e}\right)^2 \left(\frac{R}{\dot{M}}\right)^2 \frac{1}{\alpha_0} \frac{AC}{D^2}.$$

(iv) *Yerel viskozite* w (derinlik-bağımlı) viskozitesi sütun kütle yoğunluğunun güç yasasının adım adım değişmesine izin verir, vis.

$$w(m) = w_0 (m/m_0)^{\zeta_0}, \quad m > m_d, \quad (9) \quad w(m) = w_1 (m/m_0)^{\zeta_1}, \quad m < m_d, \quad (10)$$

m_d 'nin bölünme noktası olduğu yerde diğer bir deyişle i . Ve dış katmanlar için farklı bir güç yasası üssüne izin veririz. Tek bir güç-yasası temsiline dayalı olarak daha önce kullandığımız yaklaşımın genelleştirilmesini temsil eder

Böylece dört bağımsız parametremiz olur: üsler ζ_0 ve ζ_1 , bölünme noktası, m_d , ve derin katmanlarda harcanan enerjinin f fraksiyonu, $m > m_d$. w_0 ve w_1 katsayıları dikey ortalama viskozite durumundan türetilir

$$d w(m) dm/m_0 = f w.$$

elde ederiz

$$\int_0^{m_0} w(m) dm/m_0 = \bar{w}$$

$$w_0 = \frac{f \bar{w} (\zeta_0 + 1)}{1 - (m_d/m_0)^{\zeta_0+1}}$$

$$w_1 = \frac{(1-f) \bar{w} (\zeta_1 + 1)}{(m_d/m_0)^{\zeta_1+1}}$$

Genel olarak $w(m)$ bölünme noktası m_d 'de sürekli olmak zorunda değildir. Eğer süreklilik istersen f ve m_d baştan sona birbirlerine bağlı olmak yerine artık iki bağımsız parametredirler

$$\frac{m_d}{m_0} = \left(1 + \frac{\zeta_0 + 1}{\zeta_1 + 1} \frac{f}{1 - f} \right)^{-\frac{1}{\zeta_0 + 1}}$$

Tipik olarak, ‘‘yüzey’’ güç yasası üssü ζ_1 genellikle sıfır’ dan büyük bir değere ayarlanmış ise derin katman güç yasası üssü ζ_0 0’a (sabit viskozite) ayarlanır.

TLUSTY’ de ζ_0 parametresi opsiyonel parametre ZETA0 tarafından ayarlanır; ζ_1 parametresi opsiyonel parametre ZETA1 tarafından; f parametresi opsiyonel parametre FRACTV tarafından ve bölünme noktası m_d opsiyonel parametre DMVISC tarafından ayarlanır.

13- SYNPEC

SYNSPEC, bir tayf sentezleme programıdır. Verilen bir model atmosferden ortaya çıkan akıyı hesaplar. TLUSTY kullanılarak hesaplanan atmosferden spektrumları sentezlemek için özellikle yazılmıştır. Fakat diğer model atmosferler de giriş model atmosfer olarak kullanılabilir (Kurucz, ATLAS modelleri). Program SYNSPEC tarafından üretilen net spektrumun döngüsel ve enstrümental profili hesaplayan ROTINS tarafından tamamlanmaktadır (Hubeny 1985).

Son olarak ara birim ve yardımcı programların dizileri oluşur. Bu diziler çıktı modelleri çizimi için grafiksel arabirim sağlarlar (IDL ve/veya Mongo’ da yazılmıştır). Benzer şekilde kullanıcıya SYNSPEC ve yardımcı programları interaktif bir şekilde kullanmalarına olanak tanıyan SYNplot vardır (IDL’ de yazılmış) ve bu yardımcı programlar (Spektrumu hesaplar, haritasını çıkarır, çeşitli özyinelemeler sergiler, tanımlar ve tahmin edilen satırlara ek açıklamalar ekler). SYNSPEC, radyatif transfer denklemini, dalga boyunu, belirli bir dalga boyu aralığında ve belirli bir dalga boyu çözünürlüğü ile çözer. Dalga boyu noktaları genellikle eşit uzaklıkta değildir. Bunun yerine, program tarafından her zaman bir çizgi merkezinde ve iki komşu çizgi arasındaki orta noktada bir dalga boyu noktası olacak şekilde hesaplanırlar. Program, daha sonra, bu iki nokta arasına belirli bir sayıda nokta ekler ve böylece, noktalar arasındaki aralık önceden belirlenmiş değeri aşmaz. Bu uygulama herhangi bir çizgi merkezinin veya herhangi bir atlanmadığını garanti eder.

Kabul edilen süreklilik ve çizgi opaklığı tamamen kullanıcı tarafından belirtilmiştir. İlke olarak, yıldız atmosfer modelinin hesaplanmasında ve ayrıntılı spektrumun hesaplanmasında kullanılan çizgi ve opaklık kaynakları aynı olmalıdır. Bununla birlikte, model atmosferlerin, özellikle de LTE’ den ayrılmalara izin veren ortamların, daha sonra sentetik bir spektrumun daha sonraki bir hesaplamasından daha az opaklık kaynağı ile hesaplandığı yaygın bir uygulamadır. Bu yaklaşımın mantığı, ortaya çıkan spektrumun detaylı olarak hesaplanması gerektiği halde, atmosferik yapının (yani, sıcaklık ve sayı yoğunluklarının) en güçlü donukluk kaynakları tarafından tercih edildiği kadardır.

SYNSPEC programında bilinmesi gereken temel parametreler:

IMODE0 = İlk çizgileri seçerek ilerler. Toplam donukluğa katkıda bulunur. Bunu ortalama karakteristik derinliği seçerek yapar (fort.55).

program çizgi listesini okur, çizgi merkezinde karakteristik donukluğu hesaplar. daha az olanları reddeder.

IMOD1 = Birkaç çizgi seçeneği sunar. Temel mod ile hemen hemen aynıdır. Tek fark dalga boyları eşit uzaklıkta seçilir.

IMODE2 = Çizgi opaklığı sıfıra ayarlanır. Hidrojen çizgileri dikkate alınır.

SYNSPEC giriş dosyaları:

Input data:

UNIT 1 = Tlusty ile aynı input dosyası kullanılmaktadır.

UNIT 5 = Tlusty ile aynı basic input dosyası.

UNIT 55 = Sentetik spektrumun temel parametreleri

UNUT 8 = Model atmosfer.

UNIT 19 = Çizgi listesi

İsteğe bağlı giriş dosyaları:

UNIT 20 = Molekül listesi

UNIT 56 = Model atmosfere göre kimyasal bolluğu değiştirme

UNIT IHYDPR = Detaylı balmer çizgi profilleri

UNIT IHE1PR = Detaylı HeI 4026, 4388, 4471 ve 4922 çizgi profilleri

UNIT IHE2PR = Schoening ve Butler tarafından hesaplanan Detaylı HeII çizgi profilleri

UNIT 13 = Ayrıntılı bağlı-serbest kesitler için kullanılan süper seviyeleri için süper seviye ve sınırlayıcı enerjileri ile iyonların listesi.

UNIT 54 = Detaylı açık olmayan süper seviye foto iyonizasyon kesitleri.

UNIT 57 = Ayrıntılı foto iyonizasyon kesiti.

NOT: IHYDPR, IHE1PR, IHE2PR kodu sabit değildir bu yüzden fort.55 de belirtilmelidir.

SYNSPEC temel giriş dosya parametreleri (fort.55). İlk satır:

IMODE: = 0 ise normal sentetik tayf verilir.

=1 ise birkaç çizginin detaylı çizgi profilleri verilir.

=2 ise çizgilerin katkısı olmaksızın gerekli sürekli akı.

>10 ise= molekül tayfları için seçenektir.

=10 ise standart moleküler seçenek

=11 ise birkaç çizgi seçeneği ile moleküler seçenek.

= -1 ise element tablolarıyla birlikte yaklaşık eşdeğer genişlikleriyle birlikte

belirli bir dalga boyu çevresinde hesaplama yapar. En zaman alıcı adımdır. Sadece bir dizi için tanımlama tablosu oluşturur.

IDSTD: standart derinlik indeksi. sürekli optik derinliğin bulunduğu derinliktir. Bu parametre TLUSTY model atmosferinden elde edilen “.6” uzantılı çıktı dosyasına bakarak belirlenmektedir. Sıcaklığın olduğu sütunda modele girdi olarak verdiğiniz yüzey sıcaklığına (örn 20000 K olsun) en yakın yüzey sıcaklığının olduğu katman (örn. 19998.7 olsun) sizin IDSTD parametrenizi belirleyecektir.

IPRIN: Çıktı dosyasının miktarını belirler.

=0 ise standart output.

>0 ise daha fazla çıktı.

=1 ise ortaya çıkan akı unit 6 da verilir.

Fort.55 ikinci satır:

INMOD: Hangi model atmosferin kullanılacağını belirleyen parametre (tlusty/kurucz)

=0 ise Tlusty modelleri kullanılır. =1 ise Kurucz modelleri kullanılır.

INTRPL: Modelin tekrar değerlendirilmesi için bir ölçek. Yani belirtilen derinlikte kalması ya da tekrar değerlendirilmesi için kullanılan parametre (TLUSTY de başlangıç model atmosferi değiştirmek için kullanılan parametre).

ICHANG: Non-LTE modeller için etkisi olan parametre ve giriş model atmosfer ile güncel arasında açık seviye yapısının değişmesini gösteren bir parametre. (=0 ise değişmez, 0> ise seviyeler ilave edilir, >0 ise her seviye için detaylı girdi).

ICHEMC: Yeni kimyasal bolluğunun belirtileceğini gösteren parametre.

Fort.55 üçüncü satır:

IOPHLI: Lyman çizgi kanatları için düzeltme.

0= Sadece Stark düzeltmesi yapılır.

1= Lyman çizgilerinin normal düzenlemesi. Stark + Doğal genişleme.

Fort.55 dördüncü satır:

IFREQ: ışınım geçiş denkleminin sayısal çözüm planının belirlendiği parametre. <10 DFE (sürekli sonlu elemanlar), >10 Feautrier şeması.

INLTE: LTE/NLTE belirteci. =0 ise LTE model, =1 ise non-LTE model için tayf üretilir.

ICONTL: Lyman/Balmer sürekli opasite kaynağı olup olmadığını gösteren parametre.

INLIST: Kullanılmıyor.

IFHE2: HeII opasite anahtarı >0 için süreklilik dikkate alınır ve tüm satırlar Stark+Doppler genişlemesi ile alınır. Diğer bir deyişle, H/He tamamen benzer şekilde işleme tabi tutulur. Bu genellikle tavsiye edilen seçenektir, ancak düşük etkin sıcaklıklarda sayısal sorunlara neden olabilir.

Fort.55 beşinci satır:

IHYDPR: Özel hidrojen çizgi genişlemesi tablosu seçimi için parameter.

IHE1PR: Özel HeI çizgi genişlemesi için parametre.

IHE2PR: Özel HeII çizgi genişlemesi için parametre.

Fort.55 altıncı satır:

ALAM0: Kısa dalga boyu sınırı

ALAM1: Uzun dalga boyu sınırı

CUTOF0: Bir çizgideki opasite kesiti (Bir çizgi merkezinden uzaklığa toplam donukluk 10-20 Å kadar izin verilir).

RELOP: (Opacity in the line center)/(opacity in continuum).

SPACE: Komşu iki frekans noktası arası max. mesafe

VTB: Tlustyde kullanılan vtb' yi değiştirmek istiyorsak geçerli.

NMU0: Belirli akı değerlendirmek için açı sayısı. açının yönü kosinüs olarak belirtilir.

IFLUX: Açıya bağlı yoğunluklarda akı değerlendirmesine yönelik parametre.

SYNSPEC çıktı dosyaları:

fort.7: En temel çıktı dosyasıdır. Detaylı sentetik spectrum içerir. Düşünülen tüm dalga boyu noktalarına karşı akı vardır. Dalga boyuna karşı akı tablosu oluşturur.

fort.17: Teorik süreklilik için akı içerir.

fort.12 / fort.14= Seçilen her tayfsal çizgi için 12 girdi içerir. İlk iki satır çizgi kümesi verilen satır indeksi. 3. kısım dalga boyu 4. atomlar, 5. iyonlaşma dereceleri, 6. log gf, 7. uyarma potansiyeli. 8. standart derinlikte sürekli opasiteyle merkezi opasite oranı, 9. yaklaşık eşdeğer genişlikler, sondan 3. ve 2. sütun, NLTE düzeltmeleri durumunda NLTE endekslerini verir. ve en son sütun ise, çizgi merkezinde optik derinliğin 2/3 e yaklaştığı derinlik verilir.

fort.19: Çizgi listesi. Çizgi listesi orijinal Kurucz ve Peytremann 1975 tablolara çok benzer bir biçime sahiptir ancak Synspec güncel ve daha doğru veriler ile desteklenmiş yeni Kurucz (1990) çizgi listesini kullanmaktadır.

14- SYNPLOTT

SYNPLOT, SYNSPEC kullanıcıları için çok kullanışlı olan IDL' de yazılmış çözüm yöntemi χ^2 temelli paket programdır. SYNPLOTT programı, dönme ve enstrümantal profili hesaplayan bir yığılma diski, ROTIN, ve bir LINED_SELECT ve LINEID_ANNOT iki IDL rutinleri seti için bir sentez yelpazesini hesaplar. Ayrıca belirtilen programlardan bağımsız da çalışabilir.

SYNPLOT programı aşağıda verilen 3 aşama ile işlemleri yürütür:

1) SYNSPEC ile sentetik tayfin hesaplanması,

2) ROTINS programı ile sentetik tayfa dönme hızı ve normalizasyon uygulanması,

3) Gözlem tayfının sentetik tayfa fitlenmesi.

TEFF= mevcut model atmosferler arasında herhangi bir değer seçilebilir.

LOGG= (cm s-2) logg de yine model atmosferler arasında herhangi bir değer seçilebilir.

METAL= BSTARS gridlerinden farklı değerler düşünülmüş. SYNPLOTT interpolasyonuna ve performansına göre belirlenir

default: solar metallicity

GRID= BG modelleri için : GRID=/bstar2006/BG

ATMOS= Parametresitle model dosyası değiştiriliyor.

ATDATA= Atom veri dosyalarının bulunduğu dizini içerir.

GRI2= İkinci model için modellerin ilk harflerini belirtir. METAL parametresi ayarlandığında etkili olur.

MET1= İlk model gridinin metalisitesini içerir. METAL parametresi ayarlandığında etkili olur.

MET2= İkinci model gridinin metalisitesini belirtir.

NORUN = Eğer sıfıra ayarlanmazsa synplot daha önce hesaplanmış spektrum ile birlikte çalışır.

IDTAB = Yaklaşık eşdeğer genişlikle ilgili bir parametre

OLDINP = Eğer ayarlanırsa eski model atmosfer gridini kullanır.

ABUND = Pek çok durumda kimyasal bolluk türü değiştirilebilir. Grup iki limit arasında Atom numaraları ve kimyasal türleri bir dizi olarak tanımlamıştır. Kimyasal türler atom sayısının artması ile beraber komut vermesi gerekiyor. Parametreler ABUND ile arka arkaya sıralanır.

ve oluşan üçlü bir vektördür. 1 den az pozitif bir değer, Hidrojenin gerçek bolluğu anlamına gelir. (logaritmik mutlak değer) 1 den büyük pozitif değer Hidrojenin 12 ölçekli logaritmik bollukta olduğunu gösterir. Negarif sayı, mutlak değer gerçek güneş bolluğu anlamına gelir. 0 güneş değerini belirtir.

örneğin 0.25 kat C,N,O güneş bolluğunu değiştirme ve demir tepe elementleri (Ni, Ti) 5 kez güneş ve 4.7e-5 silikon bolluğu kodu;

ABUND=[6,8,-0.25,14,14,4.7e-5,21,28,-5.]

LEMKE= Hidrojen çizgi genişlemesi.

QUASI= Yüksek yoğunluklardaki beyaz cüceler için geçerli parametre.

FORCELTE= Zorunlu LTE seçeneği

Tayfların Süreklilik Parametreleri:

RELATIVE= Teorik sürekliliğe normalize spektrumu.

SCALE= Sentetik spektrumun üçlü ölçeği

RV= Radyal hız.

STEPROT= Spektrumun adım aralığı.

VMAC—ISO= İzotropik makrotürbülans.

SYNFIT:

Bu program, gözlenen spektrumlardan gelen sapmalar ve χ^2 değerlendirmeleri için kullanılan synplot altında çalışan bir rutindir. Fitlemek için dört parametre vardır: 1:teff, 2:logg, 3: çoklu sentetik spektrum ölçek faktörü, 4: dönme hızı (vsini). Bu parametrelerden herhangi biri sabit tutulmuş olabilir. Bu program Teff ve logg yi belirlemek için H ve Helyumun güçlü çizgilerini fitliyor. (çizgi kanatları logg, derinliği teff).

Ölçek faktörü: Teorik tayfın çarpılacağı ölçek faktörü. Gözlem tayfı varsa kullanmak yararlıdır.
 SLLIM, SULIM, SSTEP

Kikare hesaplanırken belirli dalga boyu aralıklarını reddetmek için bir mask kullanılabilir. Diğer bir deyişle bu aralık sıfıra ayarlanır. Bu seçenek üst üste binmiş çizgileri kaldırmak için de yararlıdır. Synfit 4 parametre ile en içtekinden en dıştakine 4 iç içe döngü ile sentetik spektrumları çalıştırır. Noktalı çizgi = gözlenen tayf, ince çizgi = hesaplanan tayf. bunun sonunda program tüm hesaplanan spektrum hakkında bilgi içeren dosya chisq.data' yı oluşturulur. Dosyada her satır bir spektruma karşı gridleri: Teff, logg, ölçek faktörü, vsini ve χ^2 .

SYN-ABUND:

Kimyasal bolluk belirlenmesi için Synplot a benzer bir program. Bu programda teff, logg ve ölçek faktörü sabit tutulur (synfit tarafından önceden belirlenmiş) Syn_abund için 3 temel parametre var: seçilen türe göre bolluk, dönme hızı(vsini), türbülans hızı(vt). Syn_abund

çalışma esnasında bir kaç tayfsal çizgi fitlenebilir. Eşdeğer genişlik seçilen bütün tayf aralığında hesaplanır. Yani komutta verilen dalgaboyu aralığınca hesaplanıyor. Program synabund 4 iç içe döngü ile çalışır. En dıştan içe doğru: bireysel çizgiler üzerinden, dönme hızı, türbülans hızı ve bolluk. her tayf için eşdeğer genişliği hesaplar ve gözlem tayfinin eşdeğer genişliği ile karşılaştırır. aynı zamanda her fit için χ^2 hesaplar. Hesaplanan fitler aşağıdaki parametreler ile olur: ATOM, Teff, Logg, ATMOS.

SCALE= sentetik tayf için ölçek faktörü def:1

RV= radyal hız def:0

ATOM= seçilen elementin atom sayısı

LBEVEC= fitlenecek çizgiler için dalgaboyu başlangıç vektörü

LENVEC= fitlenecek çizgiler için bitiş dalgaboyu vektörü. LBVEC ile aynı boyutta olmalı.

LCVEC= dalgaboyu aralıklarını ayarlamamanın alternatif bir yolu. LCVEC merkezi dalgaboylarının bir dizisidir. Bunlar tipik çizgi merkezi dalgaboyudur.

bu parametre ayarlanırsa aşağıdaki LIVEC de ayarlanmış olmalıdır.

LIVEC= LCVEC tarafından belirtilen merkezi dalga boyları etrafında dalga boyu aralıkları dizisi.

Örnek bir SYNPLOTT komutu:

synplot, teff=24000, logg=4.25, wsta=4000, wen=7000, /rel (1)

Yukarıda verilen (1) komutu ile sıcaklık ve logg değerlerinde 4000-7000 Å aralığında sentetik tayf elde edilir.

synfit, tlim=22000, tulim=25000, tstep=500, gllim=3.9, gulim=4.5, gstep=0.1, obs='24000.test', rv=0, wsta=4000, wen=7000, wdist=0.1, /rel (2)

Yukarıda verilen (2) komutu ile verilen sıcaklık, logg aralıklarında gözlemsel tayfinize en iyi uyan sentetik tayf üretilecektir.

syn_abund, teff=24000, logg=4.25, atom=08, abnvec=[-0.2,-0.5,-1], vrvec=[0.5,1.0], vtbvec=[3,5,7], lcvvec=[6721.13,6721.38], livec=2, rv=0, obsvec='24000.test', yr=[0.8,1.1] (3)

Yukarıda verilen (3) komutu ile fitlediğiniz sıcaklık ve logg değerleri ile gözlemsel tayfinize en uygun mikrotürbülans, dönme hızı ve bolluk değerlerini bulabilirsiniz.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Melek DÜLGER
Uyruğu: Türkiye (TC)
Doğum Tarihi ve Yeri: 14 Şubat 1989, Van
Medeni Durumu: Bekâr
email: melek.dulgermelek@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	EÜ Fen Bilimler Enstitüsü	2017
Lisans	EÜ A.U.B.B	2013
Lise	Vali Haydarbey Lisesi, Van	2006

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Dülger M., Dervişoğlu A. "Erken Tür Yıldızlar ve Yarı-Ayrık Sistemlerde CII 4267 Å Çizgisinin Eşdeğer Genişlik Kalibrasyonu" UAK 2016