

bolluğu ile uyumludur. Buradan da yıldızların sadece demir bollukları biliniyorsa demir bolluğunun ağır element bolluğu olarak ele alınmasının fena bir yaklaşım olmadığı söylenebilir. Ancak bu yaklaşım kullanılarak elde edilen ağır element bolluğunun olması gerekenden daha düşük değerde olduğu belirlenmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Elde edilen sonuçlarla yıldızların gözlenen $[Fe/H]$ bolluğundan türetilen toplam ağır element bolluğu (Z_{FeH}) kıyaslanmıştır. Genel olarak hem Z_{atm} hem de Z_{mod} demir çizgilerinden türetilen Z_{FeH} , 'den daha fazladır. Burada 10 yıldızın modelle hesaplanan ağır element bolluğu fazla iken, 19 yıldız içinse atmosfer modelleri ile elde edilen ağır element bolluğu fazladır. Özellikle üç yıldızın Z_{mod} değerleri Z_{atm} değerlerine göre çok fazladır ($\delta > 0,03$). Bu yıldızları bir tarafa bırakacak olursak iki Z arasında bir uyum vardır. Ancak genel olarak $Z_{atm} > Z_{mod}$ olmaktadır.

5. Kaynaklar

- Edvardsson, B., Andersen, J., Gustafsson, B., 1993, A&A, 275, 101.
- Schneider, J., “Interactive Extra-solar Planets Catalog”, <http://www.exoplanet.eu/catalog>.
- Celik, Zeynep, Gezegenli Sistemler, Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, 2011
- Takeda, G., Ford, E. B., Sills, A., Rasio, F. A., Fisher, D. A. ve Valenti, J. A., 2006, Structure And Evolution Of Nearby Stars With Planets II. Physical Properties of ~1000 Cool Stars From The Spocs Catalog, ApJS, 10/09/06.
- Penny, A. J., 2006, Catalog of Nearby Exoplanets, ApJ, 646,505.
- Santos, N. C., Bouchy, F., Mayor, M., 2005, A&A, 426, 19.

HD	d (mas)	B-V	V-K	Teff	log g	Tayf	[Fe/H]	Zatm	ZFeH
HD 142	0,0390	0,52	1,2293	6250	4,19	G1	0,10	0,0248	0,0252
HD 1237	0,0568	0,75	1,7199	5540	4,60	G6V	0,12	0,0424	0,0264
HD 17051	0,0580	0,57	1,3439	6100	4,34	G3	0,11	0,0320	0,0258
HD 20782	0,0278	0,65	1,5384	5760	4,35	G3V	-0,05	0,0269	0,0178
HD 23079	0,0289	0,58	1,4608	5930	4,34	G0	-0,15	0,0167	0,0141
HD 39091	0,0549	0,58	1,4467	5950	4,36	G1	0,05	0,0184	0,0224
HD 40979	0,0300	0,557	1,3532	6090	4,30	F8	0,17	0,0241	0,0296
HD 50554	0,0322	0,58	1,4588	5930	4,29	F8	-0,07	0,0171	0,0170
HD 65216	0,0281	0,67	1,6076	5670	4,50	G5V	-0,12	0,0221	0,0152
HD 69830	0,0795	0,79	1,8688	5360	4,46	K0V	-0,06	0,0293	0,0174
HD 75289	0,0346	0,58	1,3424	6100	4,33	G0	0,22	0,0385	0,0332
HD 75732	0,0798	0,87	1,9719	5230	4,45	G8V	0,31	0,0491	0,0408
HD 81040	0,0307	0,64	1,5813	5700	4,50	G0	-0,16	0,0240	0,0138
HD 82943	0,0364	0,62	1,4062	6000	4,42	G0	0,27	0,0499	0,0372
HD 89307	0,0324	0,56	1,4765	5900	4,34	G0V	-0,16	0,0172	0,0138
HD106252	0,0267	0,64	1,4668	5870	4,36	G0	-0,08	0,0401	0,0166
HD 114729	0,0286	0,62	1,4983	5820	4,14	G0	-0,26	0,0219	0,0109
HD 117618	0,0263	0,60	1,4320	5960	4,35	G2V	0,00	0,0300	0,0200
HD 120136	0,0641	0,48	1,1324	6390	4,26	F7V	0,23	0,0200	0,0339
HD 141937	0,0299	0,63	1,4837	5850	4,42	G2/G3V	0,13	0,0296	0,0269
HD 142415	0,0289	0,60	1,4721	5900	4,38	G1V	0,09	0,0214	0,0246
HD 147513	0,0777	0,597	1,4585	5930	4,61	G5V	0,09	0,0224	0,0246
HD 154345	0,0554	0,76	1,7763	5470	4,54	G8V	-0,10	0,0339	0,0159
HD 164922	0,0456	0,80	1,8457	5390	4,51	K0V	0,17	0,0399	0,0296
HD 186427	0,0467	0,66	1,6006	5670	4,35	G5V	0,04	0,0194	0,0219
HD 190360	0,0629	0,73	1,7042	5550	4,38	G6IV	0,21	0,0332	0,0324
HD 210277	0,0470	0,71	1,7042	5560	4,49	G0	0,21	0,0232	0,0324
HD 216437	0,0377	0,633	1,4794	5850	4,23	G2	0,22	0,0321	0,0332
HD 217014	0,0651	0,67	1,5160	5790	4,45	G5V	0,20	0,0444	0,0317

Tablo: Seçilen bariak yıldızların gözlemsel özellikleri.

Yıldız Spektroskopisinde Atomik Verinin Önemi

Senem Erden ÇABUK, Kutluay YÜCE

Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Tandoğan, ANKARA

senem95@gmail.com

Poster Özeti

Astrofizikte, yıldız maddesinin sıcaklığı, gaz basıncı ve/veya kimyasal bileşimini doğrudan ölçme imkânına sahip değiliz. Yıldızların fiziksel parametrelerine ilişkin bilgiler, ışınımın şekillendiği ortamın modellendirilmesi ve bu modelin gözlemsel tayf ile uyumu sağlanarak elde edilir. Kimyasal bolluk hesaplamalarıyla ilgilenildiğinde, eninde sonunda sonuçların, hesaplarda kullanmak üzere seçilen atomik verilere (örneğin enerji seviyeleri, ışınımsal oranlar, elektron çarpışma uyarılma oranları ve osilatör şiddetleri gibi) bağlı olduklarının farkında olmaya başlarız. Yüksek çözünürlüklü yıldız tayflarının analizinden elde edilen sonuçlar, atomik verilere oldukça duyarlıdır. Bu çalışmada, atomik verinin yıldız spektroskopisindeki önemi ve güncel atomik veri veritabanları yer almaktadır.

Giriş

Bir atmosfer modeli oluşturmanın ve tayfı öngörmenin en önemli adımı, model atmosferdeki ışınım alanını hesaplamaktır. Bu durum, atmosferdeki elementlerin bütün atomik ve iyonik türleri için çizgi ve sürekli soğurma katsayılarının bilinmesiyle mümkündür. Bu katsayılar yerel sıcaklık ve elektron yoğunluğu cinsinden ve ışınımın dalgaboyu veya frekansı cinsinden belirtilir. Ayrıca elektronlarla çarpışmayla meydana gelen geçişler için tesir kesitleri de gerekmektedir.

Yıldız atmosferi termodinamik dengede (Thermodynamic Equilibrium = TE) bulunamaz, çünkü ışımasını yıldızlararası ortama doğru yapar ve böylece açık bir termodinamik sistem oluşmaktadır. Yerel termodinamik denge (Local Thermodynamic Equilibrium = LTE) fikri, termodinamik dengenin küçük hacimli elementlere uygulanabilmesi varsayımına dayanmıştır. LTE de, atom geçişi sağlayacak atom sayısını Saha ve Boltzmann eşitliklerinden ve sadece $n_i^* = f(T, n_e)$ yerel fiziksel durumlarına bağlı olarak belirlenmektedir. Atomdaki her geçiş, ayrıntılı dengedeyseniz yani ayrıntılı dengeleme koşulu sağlanıyorsa LTE varsayımı geçerli olmaktadır.

Yıldız tayfında çizgi tanısı yapmak için birincil parametreler dalgaboyu, enerji seviyesi ve osilatör şiddetidir. Bir yıldızın hassas/güvenilir bir şekilde tayf analizini yapmak, bu parametrelerin deneysel değerlerine ya da deneysel verilerden türetilmiş değerlerine bağlıdır (örneğin; Ritz dalga boyları). Yıldızların fiziksel parametrelerin ve element bolluk analizlerinin saptanması, enerji seviyeleri, fotoiyonizasyon etki-tesirleri, osilatör şiddetleri, esnek olmayan çarpışma ile ilgili çok miktarda doğru atomik verilere sahip yerel termodinamik dengede olmayan (non-LTE) çizgi tanısı verilerine dayanmaktadır (Mashonkina 2009). Kuantum mekaniksel hesaplamalar bu verilerin büyük bir kısmını karşılamaktadır (Bergemann, 2011).

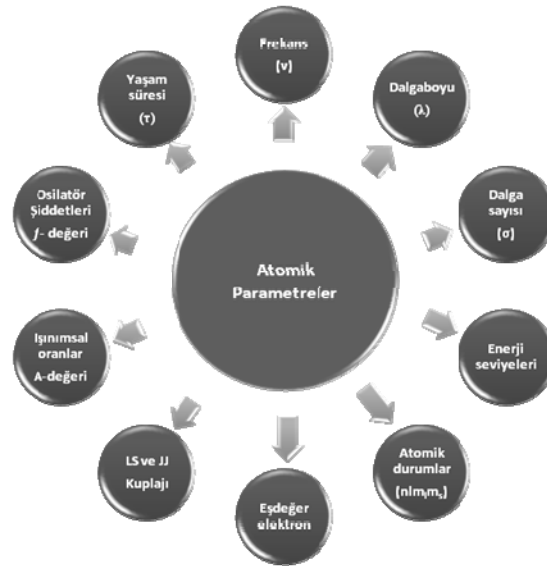
Kimyasal bolluk hesaplamalarıyla ilgilenildiğinde, eninde sonunda sonuçların seçilen atomik verilere bağlı olduğunun farkında olmaya başlarız. Bu farkındalık belli başlı sorulara dönüşürler (Luridiana vd. 2011):

- Atomik verideki belirsizlik sorun olmakta mıdır?
- Bu sorunlar ne kadar büyüktür?
- Neden genelde açıklandıkları makalelerde kesin değildir?
- Birbiriyle bağdaşmayan iki veri dizisinden hangisine olduğuna nasıl karar verebilirim?
- Ve hepsinden önemlisi, seçimim analiz sonuçlarıma nasıl etki edecektir?

Tayfsal bir çizginin konumu (dalga boyu), şiddeti (osilatör şiddeti) ve şekli (çok ince yapı ve izotop kaymasını içerir) gibi parametreler tarafından karakterize edilirler.

Osilatör şiddeti (veya f – değeri) bir atomun bir seviyeden bir diğer seviyeye geçişi ile ilgilidir. Bu, bir tayf çizgisinden element bolluğunun belirlenmesi için kritik bir parametredir. f – değerindeki herhangi bir belirsizlik bu tayf çizgisinden belirlenecek bolluğa doğrudan transfer edilmektedir. f – değeri deneysel olarak veya atomik yapı kod hesaplamaları aracılığıyla tespit edilebilir.

1. Atomik Parametreler



Tayf sentez tekniği, özellikle kimyasal tuhaf (özel) yıldızların element bolluk analizi sırasında atomik veri kullanımının yararlı olduğunu ortaya koymuştur. Gözlemsel ve kuramsal tayfların arasında oluşabilecek uyumsuzluklar genellikle atomik veri hatalarıyla ilişkilendirilir (örneğin; Castelli vd. 2009, Yüce vd. 2011).

Sentetik tayfin hesaplanmasında önemli olan diğer atomik parametreler aynı zamanda enerji seviyelerinin bilgisine bağlıdır. Bunlar yaşam süresi (sönümlleme), uyarılma potansiyeli (bölünme fonksiyonu, Boltzmann faktörü gibi) parametreleridir.

2. Atomik Veri

Çok elektronlu bir atomik sistemin Kuantum Mekaniksel gösterimi Shrödinger denklemini çözme gerektirir.

$$H\Psi_k = E_k\Psi_k$$

27 Ağustos – 1 Eylül 2012 Malatya

Ψ_k k durumunun öz fonksiyonu ve E_k da k durumunun öz enerjisi olmak üzere; Hamiltonyen;

$$H = \sum_{i=1}^N \frac{p_i^2}{2m_e} - \sum_{i=1}^N \frac{Ze^2}{r_i} + \sum_{i \neq j} \frac{e^2}{|r_i - r_j|}$$

şeklinde tanımlanır. Buradaki ‘toplamlar’ sistemde bulunan tüm N elektronlarına karşılık gelmektedir.

Demir grubundan daha ağır olan elementler, kimyasal tuhaf Ap-türü yıldızlarda ve Gökadamızın kimyasal evrimi çalışmalarında önemli bir rol oynarlar.

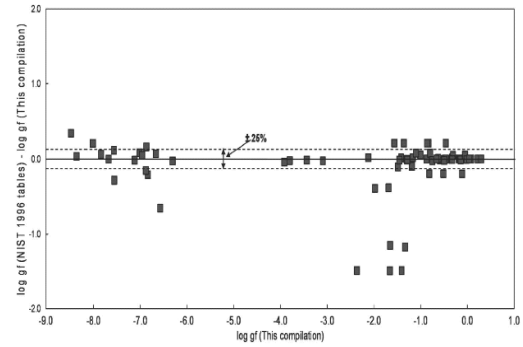
Bilim insanları elementlerin geçiş olasılıkları ile ilgili daha net bilgiler elde edebilmek için her elemente ait çizgilerin geçiş olasılıklarını içeren çizelgeleri sürekli güncellemektedirler. En çok kullanılanlarından Ce II, Fe I ve Fe II ile ilgili çizelge ve istatistikler aşağıda ele alınmıştır.

2.1. C II

Wiese ve Fuhr (2006), nötr ve bir kez iyonlaşmış karbon elementine ait bazı çizgilerin geçiş olasılıklarını güncellediler. C II’e ait atomik veriler Çizelge 2.1’deki gibi listelenmiştir. NIST atomik tayf veritabanından 1996 yılında alınmış osilatör şiddetleri ile Wiese ve Fuhr (2006) çalışmasından elde edilen verilerin karşılaştırılması Şekil 2.1’de görülmektedir. İki ayrı donukluk hesaplaması çalışmasından elde edilen $\log gf$ değerlerinde % 25 oranında farklılık görülmektedir.

Çizelge 3.1 C II’e ait bazı izinli geçişler (Wiese ve Fuhr, 2006)

No.	Transition array	Mult.	λ_{air} (Å)	λ_{vac} (Å)	E_i (cm ⁻¹)	E_f (cm ⁻¹)	g_i	g_f	A_{if} (10 ⁸ s ⁻¹)	f_{if}	S (a.u.)	$\log gf$	Acc.	Source ^a	
1	$2s^2 2p-2s2p^3$	$^3p^2-^4p$													
			2325.40	2326.11	63.42	- 43 053.6	4-6	4.43E-07	5.40E-08	1.65E-06	-6.666	A	15, 16, 31		
			2323.50	2324.21	0.00	- 43 025.3	2-4	1.40E-08	2.27E-09	3.48E-08	-8.342	A	15(n), 16(n)		
			2326.93	2327.64	63.42	- 43 025.3	4-4	8.49E-08	6.90E-09	2.11E-07	-7.559	A	15(n), 16(n)		
			2324.69	2325.40	0.00	- 43 003.3	2-2	5.99E-07	4.86E-08	7.44E-07	-7.013	A	15(n), 16(n)		
		2328.12	2328.84	63.42	- 43 003.3	4-2	6.78E-07	2.76E-08	8.45E-07	-6.958	A	15(n), 16(n)			
2	$2s^2 2p-2s2p^2$	$^3p^2-^3p$		1335.3	42.3	- 74 931.1	6-10	2.88E+00	1.28E-01	3.39E+00	-0.113	A	30		
				1335.71	63.42	- 74 930.10	4-6	2.88E+00	1.15E-01	2.03E+00	-0.335	A	30		
				1334.53	0.00	- 74 932.62	2-4	2.41E+00	1.29E-01	1.13E+00	-0.589	A	30		
				1335.66	63.42	- 74 932.62	4-4	4.76E-01	1.27E-02	2.24E-01	-1.293	A	30		
3	$2s^2 2p-2s2p^2$	$^3p^2-^3s$		1036.8	42.3	- 96 493.74	6-2	2.20E+01	1.18E-01	2.42E+00	-0.150	A	30		
				1037.02	63.42	- 96 493.74	4-2	1.46E+01	1.18E-01	1.61E+00	-0.328	A	30		
				1036.34	0.00	- 96 493.74	2-2	7.38E+00	1.19E-01	8.11E-01	-0.624	A	30		

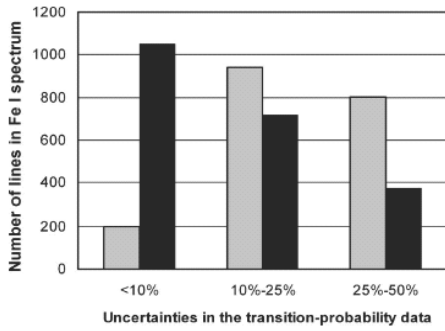


Şekil 3.1 C II’e ait $\log gf$ değerlerinin karşılaştırılması: NIST veri tabanındaki 1996 yılına ait değerleri ve Wiese ve Fuhr (2006).

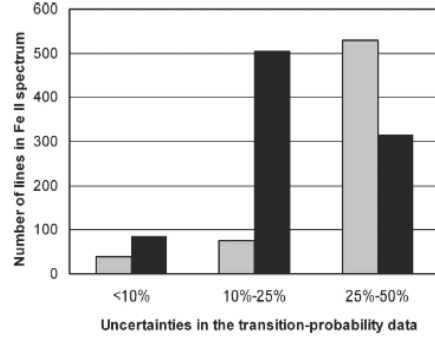
2.2. Fe I ve Fe II

Fuhr ve Wiese (2007) Fe I ve Fe II’nin izinli ve yasak çizgileri için atom geçi olasılık tablolarını geli tirdiler. Bu çalışmadaki bilgiler, 1988 yılında yaptıkları ilk derlemelerinden sonraki, en son deneysel ve teorik sonuçların kullanılabilir oldu u yayınları esas alarak elde edilmi verilerdir. Bunlar, multipler biçiminde düzenlenmi ve artan uyarılma enerjilerine

göre sıralanmıştır. ekil 2.2’de Fe I’e ait geçi olasılıklarının Fuhr vd. (1988) ile Fuhr ve Wiese (2007)’in karşılaştırılması yer almaktadır. Şekilde Fe I’in tanımlanmış çizgileri ile onlara ilişkin geçiş olasılıklarındaki belirsizlikler görülmektedir. Gri sütun, üç belirsizlik aralığı için Fuhr vd. (1988), siyah sütun Fuhr ve Wiese (2007) verilerini göstermektedir. Belirsizliklerin %10’dan az olduğu çizgi sayısı beş kat daha fazla artış göstermiştir. Şekil 3.3’de belirsizliklerin %25’ten az olduğu tahmin edilen çizgilerin sayısı 6 kat artmıştır. Siyah sütunların birleştirilmiş yükseklikleri atomik veri listesinde kullanılan çizgilerin artan sayıda olduğunu gösteren gri sütunlardan daha geniş olduğuna dikkat edilmelidir.



Şekil 3.2 Fe I’e ait geçiş olasılıklarının karşılaştırılması; Fuhr vd. (1988) ve Fuhr & Wiese (2007)



Şekil 3.3 Fe II’e ait geçiş olasılıklarının karşılaştırılması; (Fuhr vd. 1988) ve Fuhr & Wiese (2007)

3. Atomik Veri Veritabanları

Osilatör şiddetleri, geçiş olasılıkları ve enerji seviyeleri gibi veriler, literatür arşivindeki farklı veritabanlarından eşzamanlı olarak yeniden düzeltilmektedir. Bu bölümde, yıldızların ayrıntılı tayfsal analizlerinde sıkça kullanılan atomik veri veritabanları, literatürdeki önem sırasına göre, yer almaktadır.

3.1 NIST atomik tayf veritabanı

NIST (National Institute of Standard and Technology yani Ulusal Teknoloji ve Standartlar Enstitüsü) Atomik Spektroskopi Veri Merkezi, atomik tayfların astronomik gözlemlerini destekleyen birçok çevrimiçi veritabanını içerir. Mevcut sayısal ve bibliyografik veritabanına www.nist.gov/pml/data/atomspec.cfm elektronik adresindeki NIST Fiziksel Ölçüm Laboratuvarı internet sitesinden ulaşılabilir.

Atomik Tayf Veritabanının (Atomic Spectra Database; ASD) son sürümü olan NIST4, yaklaşık 180 000 tayf çizgisi için 73 400 osilatör şiddeti, dalga boyu ve enerji seviyesine ilişkin bilgilerin yer aldığı bir ana bölüm içermektedir. ASD aynı zamanda 89 elementin çeşitli iyonları için 92 500 enerji seviyesini içermektedir. Kullanıcının isteğine göre dinamik Grotrian şemaları ve Saha/LTE tayflarının grafikleri de üretilmektedir. Aynı zamanda, seçtiği dalga boyu aralığında ilgili elemente ait “*orbital dizilimi, terim simgesi, J değeri, enerjisi, dalga boyu*” bilgileri yazılı olarak gelmektedir.

3.2 VALD atomik veritabanı

Atomik ve moleküler veriler içeren VALD veritabanı, astrofiziksel tayfların sağlam ve tutarlı bir analizini sağlamayı hedeflemektedir. VALD (Vienna Atomic Line Database = Viyana Atomik Tayf Veritabanı) veritabanı ilk kez 1995 yılında, atomik geçişlerle oluşan soğurma tayfları ile ilgili konulara önemli ölçüde katkıda bulunmak için gerekli bilgileri sağlamak amacıyla kurulmuştur. VALD internet arayüzüne ve belgelerine <http://vald.inasan.ru/~vald/php/vald.php> bağlantısından erişilebilmektedir.

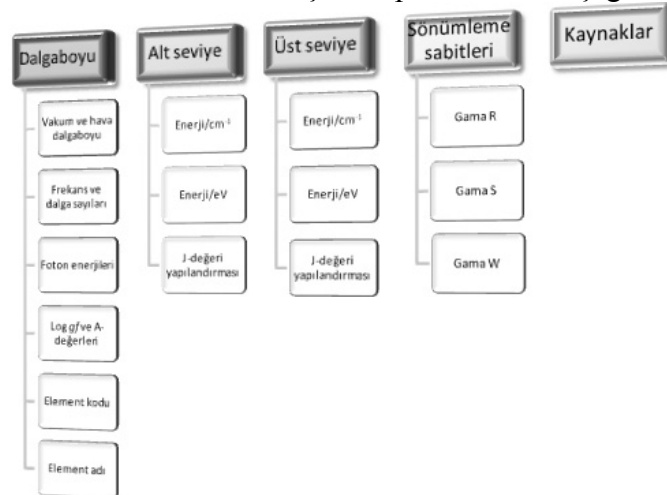
Kullanıcının ihtiyaç duyduğu atom/iyon, dalgaboyu aralığı ve dalgaboyu adımı girildikten sonra, her geçişe ait merkez dalgaboyu, enerji seviyeleri ve iki seviye için toplam açısal momentum kuantum sayılarını ve osilatör şiddetlerini içeren tüm bilgiler liste halinde kullanıcının e-posta adresine birkaç saat içerisinde gönderilmektedir. Birçok **tayf**, **Lande faktörleri**, **sönümleme sabitleri**, **terim dizilimi**, **osilatör şiddeti hassasiyeti** ve **verinin kaynağı** ile ilgili bir tanımlama da içermektedir.

3.3 Kurucz veritabanı

Yıldızların yerel termodinamik denge varsayımlı model atmosfer hesaplamaları için geliştirilen bilgisayar programları arasında en yaygın kullanılanı Robert Kurucz'un ATLAS kodudur (Kurucz 1995). ATLAS9, Donukluk Dağılım Fonksiyonu (Opacity Distribution Function; ODF) yöntemiyle model hesaplamada kullanılan en son sürümüdür. ATLAS12 Donukluk Örnekleme (Opacity Sampling OS) yöntemiyle model hesaplamada kullanılan bir sürümüdür. Atomik çizgi listelerinin yer aldığı veri tabanına elektronik ortamda ulaşılabilmektedir.

Kurucz atomik tayf çizgi veritabanına <http://www.pmp.uni-hannover.de/cgi-bin/ssi/test/kurucz/sekur.html> sitesinden ulaşılmaktadır.

Çıktı verisini yapılandırmada kullanılan seçimlik parametreler aşağıdaki gibidir;



4. Sonuçlar

Bu çalışma, yıldızların ayrıntılı tayfsal analizlerinde ihtiyaç duyulan atomik veriler ve onlarla ilgili kavramları içermektedir. Atomik veriler, bünyesinde fizik ve kimya bilgilerini

de barındırdığından, bu bilimlerin astronomideki uygulamaları ve de eksik bilgilerin tamamlanmasında laboratuvar görevi görmektedir.

Yüce vd. (2011), dört civa mangan yıldızının geniş bir dalgaboyu aralığındaki UVES tayflarını analiz ederek xenon elementinin birinci iyonizasyon durumuna ait çizgilerini incelediler. Xe II'nin 6d ve 7s geçişlerine ait tanımlanamamış bazı çizgi profillerini de tespit ettiler. NIST4'de verilen Xe II nin bazı dalgaboyu değerlerini gözlemsel yıldız değerlerine göre düzelttiler. Dört yıldızın tayfından belirledikleri Xe II çizgilerinden ortalama astrofiziksel osilatör şiddetleri belirlediler.

Atom ve iyonların geçişlerine ilişkin enerji seviyeler ve LS-Multiplets derlemelerine katkıda bulunan laboratuvar tayf ölçümü yapan bilimciler, bugünlerde aktif olarak tayf ölçümü yapan tayfbilimcilerden oldukça fazladırlar. Yaklaşık elli yıl önce yeryüzüne konuşlandırılmış teleskoplardan elde edilen tayflar kullanılarak yıldız astrofizik çalışmaları yapıldı. Bugün, gökbilimcilerin atomik veri istekleri tüm elektromanyetik tayfı kapsamaktadır ve yüksek hassasiyet gerektirmektedir. Bir model atoma kuantum mekanik uygulayarak gereken tüm parametreler hesaplanabilir, fakat veri sadece donukluk hesaplamaları ve detaylı olmayan tayfsal analiz için kullanılabilir. Atmosfer dışı gözlemlerde kullanılan HST, IMAPS, ATMOS uydu verileri ve yerde konuşlandırılmış tüm büyük teleskoplar (VLT ve Keck gibi) kullanılarak daha önce görülmemiş dalgaboyu hassasiyetlerinde yüksek tayfsal ve uzaysal çözünürlükteki tayflar kaydedilebilmektedir (deneysel atomik verinin kullanılması anlamına gelen daha iyi bir uygulama gerekmektedir). En önemli problemler uydu bölgenin sonunda bulunan kısa dalgaboyunda görülmektedir (Johansson ve Leckrone 1996).

Yıldız atmosferleri ve yıldız evrimi ile ilgili çalışmalar ağırlıkla yıldızların ayrıntılı tayfsal analizine dayanmaktadır. Morötesinden kızılötesi bölgeye atomik veri ihtiyacı günümüzde her zamankinden daha fazladır. Son 20 yıl içerisinde, Hubble Uzay Teleskopu'nun fırlatılmasından bu yana, UV geçişleri için atomik veri elde etmekle ilgili büyük ilerleme kaydedilmiştir. Şimdilerde detektör teknolojisindeki ilerleme ile genişletilmiş optik dalgaboyu bölgesi yeni atomik veriler için imkân sağlamaya devam etmektedir. Ayrıca Yer'e konuşlandırılmış ve uzay rasathanelerine yapılan yeni cihaz yatırımları, atomik veri ihtiyacı en kritik olan kızıl ötesi dalgaboylarında yüksek kaliteli tayfların kullanılabilirliğini sağlamıştır (Wahlgren 2011).

KAYNAKLAR

- Adelman S.J., 2005, Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplement, v.8, p.103.
 Fuhr J.R., Martin G.A., Wiese W.L., 1988, Journal of Physical and Chemical Reference Data, v.17, suppl.4.
 Fuhr J. R., Wiese W. L. 2007, J. Phys. Chem. Ref. Data, V 35, No. 4, 1670-1671.
 Gray D.F., 2005, Cambridge University Press.
 Johansson, S., Leckrone, D. S. 1996, Model Atmospheres and Spectrum Synthesis ASP Conference Series, 108, 119-120.
 Klose J. Z., Fuhr J. R. and Wiese W. L. 2002, J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol. 31, No. 1.
 Kurucz R.L., 1995, ASP Conference Series, 78, p. 205.
 Luridiana V., Garcia-Rojas J., Aggarwal K., Bautista M., Bergemann M., Delahaye F., Zanna G., Ferland G., Lind K., Manchado A., Mendoza C., Delgado A. M., Diaz

- M. N., Shaw R. A. and Wesson R., 2011, Uncertainties in Atomic Data and How They Propagate in Chemical Abundances, 55-56.
- Mashonkina L. 2009, Iop Publishing, T134, 1-2.
- Wahlgren G. M., 2011, Canadian Journal of Physics, 2011, 89(4): 345-356, 10.1139/p10-125.
- Yüce K., Castelli F. and Hubrig S., 2011, A&A, 528, 5-7.

