

ASTROFİZİKA

UOT524.316

ULDUZ ATMOSFERLƏRİNİN MODELƏŞDİRİLMƏSİ

Z.A.SƏMƏDOV

Bakı Dövlət Universiteti

Zahir.01@mail.ru

Ulduz atmosferləri modellərinin hesablanması nəzəri astrofizikanın inkişaf etmiş sahəsidir. Atmosfer modellərinin hesablanması metodikası şərh olunur. Ulduz atmosferlərinin modellərini hesablamaq üçün şüa köçürmə, hidrostatik tarazlıq, şüa tarazlığı tənlikləri birgə həll olunur. Termodinamik tarazlıq halında ionlaşma hallarına görə atomların paylanması Saxa düsturu, həyəcanlanma hallarına görə atomların paylanması isə Bolsman düsturu ilə verilir.

Model hesablamalarında örtük effektin, konveksiyanın, kimyəvi tərkibin variasiyasının təsiri məsələləri geniş şərh olunur. Bir çox atmosfer modelləri haqqında məlumat verilir.

Kuruçun modelləri əsasında A-F spektral sinifli ulduzların atmosferlərinin tədqiqinin əsas nəticələri şərh olunur.

Açar sözlər: ulduzlar, atmosfer modelləri

1. Əsas müddəalar

Ulduzlarda və bütün astronomik obyektlərdə fiziki şərait haqqında məlumat, onların müşahidəçiyə çatan şüalanmasından alınır. Məlumdur ki, ulduzların şüalanması onların mərkəzində termonüvə reaksiyaları hesabına qamma-kvantlar şəklində yaranır. Bu kvantlar ulduzun daxili qatlarından keçərək udulma, yenidən şüalanma və səpilmə nəticəsində çevrilir və ulduzun səthindən çıxır. Bu zaman aşkar olunur ki, çıxan şüalanmanın tezliklərə görə paylanması əsasən ulduz atmosferi adlanan ulduzun ən yuxarı qatlarında təyin olunur. Odur ki, hələ keçən əsrin başlanğıcından nəzəriyyəçilər ulduz atmosferində şüalanmanın köçürülməsi və atmosferin quruluşu məsələsinə diqqət yetirir.

İlk vaxtlar belə qəbul olunmuşdur ki, ulduz atmosferi iki qatdan ibarətdir: kəsilməz spektrin yarandığı oblast və spektral xətlərin yarandığı oblast. Əvvəllər belə hesab edilmişdir ki, bu oblastlarda fiziki şərait dərinlikdən asılı deyil. Sonralar isə aşkar edilmişdir ki, bu mülahizə həqiqətə tamamilə uyğun deyil və astrofiziklər ulduz atmosferlərinin modellərini hesablamağa başladılar. Hal-hazırda atmosfer modelləri üsulu ulduzların fundamental parametrlərinin təyininin əsas üsuludur. Ulduz atmosferləri şüalanma sahəsində yerləşən maddə - plazmadan (qismən və ya tamamilə ionlaşmış qaz) ibarətdir.

Ulduz atmosferlərinin modellərini hesablamaq üçün aşağıdakı əsas tənliklər birgə həll olunur:

Şüa köçürmə tənliyi

$$\mu \frac{dI_\nu}{dx} = -\chi_\nu I_\nu + \eta_\nu, \quad \mu = \cos\theta \quad (1)$$

burada I_ν – şüalanma intensivliyidir: vahid səthdən onun normalı ilə θ -bucağı istiqamətdə vahid zamanda, vahid cisim bucağı daxilində, vahid tezliklər intervalında şüalanma enerjisinin miqdarıdır. Əgər bu şüalanmanı bütün istiqamətlərdə inteqrallasaq nəticədə şüalanma seli F_ν alınır. χ_ν - və η_ν - uyğun olaraq vahid həcmə (1 sm^3) hesablanmış udma və şüalanma əmsalıdır. χ_ν -əmsalı udma kəsiyi α_ν - ilə sadə ifadə ilə əlaqəlidir: $\chi_\nu = \alpha_\nu N$, burada N udan atomların sayıdır. (1) tənliyi göstərir ki, dx məsafəsini keçərkən intensivliyin dəyişməsi udulan ($-\chi_\nu I_\nu$ həddi) və şüalanma enerjilərinin ($+\eta_\nu$) miqdarı ilə təyin olunur. (1) tənliyinin həlli intensivliyin qiymətini təyin edir: $I_\nu(x, \mu)$. Qeyd edək ki, (1) müstəvi paralel ulduz atmosferləri üçün yazılmışdır, atmosferin sferikliyi nəzərə alınmamışdır. Sferiklik nəzərə alınarsa θ bucağı qatdan-qata dəyişir, bu da şüaköçürmə tənliyinin görünüşünü və həllini çətinləşdirir.

Hidrostatik tarazlıq tənliyi ulduzun qatlarının tarazlıqda olduğu faktı göstərir. Atmosferin modelləşdirilməsində adətən atmosferin genişlənməsi və sıxılması nəzərə alınmır. Hidrostatik tarazlıq tənliyi

$$\frac{dp_g}{dx} = -g\rho \quad (2)$$

Bu ifadədə qaz təzyiqi p_g qravitasiya sıxılması ilə kompensasiya olunur. Ümumi halda digər qüvvələrin də təsiri ola bilər, tənlikdə əlavə həddlər yazılır. Məsələn, yüksək temperaturlarda şüa (ışıq) təzyiqi p_r əhəmiyyət kəsb edir, (2) tənliyində sağ tərəfdə $\frac{dp_r}{dx}$ həddi əlavə olunur. (2) tənliyinin həlli verilən x dərinliyində p_g təzyiqini təyin edir.

Şüa tarazlığı tənliyi o faktı göstərir ki, kvantlar mühitdə hərəkət edərkən udulurlar, səpilirlər, tezliyini dəyişməklə yenidən şüalanırlar, amma tam (tezliklərə görə inteqral) enerji sabit qalır. Bu şərt aşağıdakı kimi yazılır:

$$E_{udulma} = E_{şüalanma}; \quad \int d\omega \int_0^\infty I_\nu(\omega) \chi_\nu(\omega) d\nu = \int d\omega \int_0^\infty \chi_\nu(\omega) d\nu \quad (3)$$

İnteqralama tezliklərə və bütün istiqamətlərə (ω -cisim bucağına) görə aparılır. Əgər udulma və şüalanma izotopdursa, bu tənliyi aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\int_0^\infty \chi_\nu d\nu \int I_\nu(\omega) d\omega = 4\pi \int_0^\infty \chi_\nu d\nu \quad (4)$$

Axırıncı iki ifadə atmosferin verilən qatında temperaturu təyin edir. χ_ν və η_ν kəmiyyətlərinin qiyməti ν tezlikdə udan və şüalanma atomlarının sayı məlum olarsa təyin olunur. Udulma və şüalanma prosesləri uyğun elektron orbitləri arasında keçidlər nəticəsində yaranır.

Sadə tam termodinamik tarazlıq halında müəyyən kimyəvi element *el* üçün aşağıdakı ifadələr yazılır.

İonlaşma hallarına görə hissəciklərin paylanması Saxa düsturu ilə verilir:

$$\frac{N_{r+1}}{N_r^{(el)}} P_e = - \frac{2U_{r+1}^{(el)} (2\pi m)^{3/2}}{U_r^{(el)} h^3} (kT)^{5/2} e^{I_r^{(el)}/kT} = 0.333 \left(\frac{2U_{r+1}}{U_r} \right) T^{5/2} e^{-I_r^{(el)}/kT} \quad (5)$$

və ya loqarifmik şəkildə

$$\log \frac{U_{r+1}^{(el)}}{N_r^{(el)}} = -I_r^{(el)} \frac{5040}{T} + \frac{5}{2} \log T - \log P_e - 0.4772 + \log \frac{2U_{r+1}^{(el)}}{U_r^{(el)}} \quad (6)$$

burada I_r r halından atomun ionlaşma potensialıdır (elektronvollarla, eV).

Həyəcanlanma hallarına görə atomların paylanması Bolsman düsturu ilə verilir:

$$\frac{N_{rn}^{(el)}}{N_{rn'}^{(el)}} = \frac{g_{rn}^{(el)}}{g_{rn'}^{(el)}} e^{-\left(\frac{E_{rn}^{(el)} - E_{rn'}^{(el)}}{kT} \right)} \quad (7)$$

və ya loqarifmik şəkildə

$$\log \frac{N_{rn}^{(el)}}{N_{rn'}^{(el)}} = \log \frac{g_{rn}^{(el)}}{g_{rn'}^{(el)}} - \left(E_{rn}^{(el)} - E_{rn'}^{(el)} \right) \frac{5040}{T} \quad (8)$$

Bu düsturlarda g_{rn} -n səviyyəsinin statistik çəkisidir. E_{rn} - isə bu səviyyənin həyəcanlaşma enerjisidir (elektronvollarla, eV). U_r kəmiyyəti hallara görə cəmdir, aşağıdakı kimi təyin edilir

$$U_r = \sum_{i=1}^{i=\infty} g_{ri} e^{-\frac{E_{ri}}{kT}} \quad (9)$$

Göründüyü kimi bu kəmiyyət temperaturdan asılıdır.

Hallara görə cəm üçün geniş cədvəllər və approksimasiya tənlikləri vardır [1-4], ancaq əksər hallarda U_r -kəmiyyətini əsas səviyyənin statistik çəkisinə bərabər qəbul edirlər. (7) tənliyindən aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\frac{N_{rn}^{(el)}}{N_r} = \frac{g_{rn}}{U_r} e^{-E_{rn}/kT} \quad (10)$$

(5) və (10) ifadələrinin kombinasiyasından

$$N_{rn} = N_{r+1} P_e \frac{g_{rn}}{2U_{r+1}} \frac{h^3}{(2\pi m)^{3/2}} \frac{1}{(kT)^{5/2}} e^{(I_r - E_{rn})/kT} = 1.506 N_{r+1} \frac{P_e}{T^{5/2}} \frac{g_{rn}}{U_{r+1}} e^{(I_r - E_{rn})/kT} \quad (11)$$

Tam termodinamik tarazlıq halında yuxarıda göstərilən tənliklərdə olan bütün temperaturalar eyni olmalıdır. Həmçinin bütün bu ifadələr mühitin istənilən bütün nöqtələri üçün ödənilməlidir. Tam termodinamik tarazlıq halında bütün proseslər tərs proseslər ilə kompensasiya olunur. Məsələn, bir səviyyədən

digər səviyyəyə keçidlərin sayı tərs keçidlərin sayına bərabərdir. Xüsusi halda ulduz atmosferlərində temperatur dərinlikdən asılıdır. Odur ki, 30-cu illərdə, ulduz atmosferlərində Bolsman-Saxa paylanmasının, ancaq mühitin verilən nöqtəsinə uyğun temperaturda ödənilməyi mülahizəsi irəli sürülmüşdür. Bu mülahizə lokal termodinamik tarazlıq (LTT) hipotezi adlanır və model və spektrlərin hesablanmalarını xeyli sadələşdirir.

Atmosfer modellərinin hesablanması metodikası ilk baxışda sadədir:

1. Birinci addımda temperaturun dərinlikdən asılı olaraq ilkin dəyişməsinə vermək zəruridir. Adətən temperaturun başlanğıc paylanması kimi "boz" adlanan paylanma götürülür:

$$T^4(\tau_{Ros}) = \frac{3}{4} T_{eff}^4 \left(\tau_{Ros} + \frac{2}{3} \right) \quad (12)$$

2. P_g -nin ilk qiymətini almaq üçün hidrostatik tarazlıq tənliyi $\left(\frac{dP_g}{dx} = -g\rho \right)$

şüa təzyiqinin $P_r = \frac{a}{3} T^4$ $\left(a = 7.568 \cdot 10^{-15} \frac{erg}{sm^3 \cdot K^4} \right)$ təqribi qiyməti ilə həll olunur, a Bolsman sabitidir

3. Müxtəlif atomların enerji səviyyələrinə görə paylanması hesablanır. Bunun üçün (5-11) ifadələrdən istifadə olunur.

4. χ_v əmsalı təyin edilir. LTT halında şüalanma əmsalı χ_v üçün

$$\frac{\eta_v}{\chi_v} = B_v(T) = \frac{2hv^3}{c^2} \frac{1}{e^{kT} - 1} \quad (13)$$

ifadəsindən istifadə olunur. Burada B_v Plank funksiyasıdır.

5. Şüa köçürmə tənliyi həll edilir və intensivlik I_v təyin olunur.

6. Hidrostatik tarazlıq $\left(\frac{dp_g}{dx} = -g\rho \right)$ tənliyi inteqrasiyalarla və p_g təzyiqi təyin edilir.

7. Şüa tarazlığı şərtinin ödənilməsi yoxlanılır. Əgər bu şərt ödənilmirsə $T(x)$ paylanmasına düzəliş edilir və (2-6) addımları yenidən təkrar olunur. Bu proseslər şüa tarazlığı şərti ödənilə qədər davam etdirilir.

Ulduz atmosferləri modellərinin hesablanması nəzəri astrofizikanın inkişaf etmiş sahəsidir. Ulduz atmosferi modellərinin hesablanmasının əsas prinsipləri Mixalasin kitabında [5], hesablama metodikasının bir sıra detalları Kuruçun ATLAS [6] proqramının təsvirində verilir. Ulduzların kimyəvi tərkibinin təyində daha çox istifadə olunan modellər Kuruçun modelləridir [7].

2. Kuruç modelləri

Kuruçun 1979 ildə çap olunmuş [8] atmosfer modellərinin (KUR79) parametrləri haqqında məlumat aşağıda verilir.

T_{ef}	5500K – 50000K, 500K addımı ilə
$logg$	0.0 – 5.0, 0.5 addımı ilə
Kimyəvi tərkib	günəş tərkibli (140 model üçün) $1/10$ günəş tərkibli (72 model üçün) $1/100$ günəş tərkibli (72 model üçün)
ξ_t	$2 \frac{km}{san}$

Bu modellərdə OPDF (opasiti distribution funksiya) – funksiyasının hesablanması 1 mln. xətt nəzərə alınmışdır. OPDF-funksiya cədvəlləri atmosfer modelləri hesablamalarında şüaköçürmə, şüatarazlığı və hidrotarazlıq tənliklərinin həllində bilavasitə istifadə olunur. Hər bir xətt üçün genişlənmə mexanizmləri: şüalanma nəticəsində sönmə, Dopler, Stark və Vander Vals effektləri nəzərə alınmışdır. Kəsilməz udulma mənbələri *HI – II, HeI – III, CI – CIV, NII – NIV, OII – VI, NeI – VI, MgI, AlII, SiI, HH₂⁺, H⁻*, Reley və elektron səpilmələridir. [7]-də atmosfer modelləri, şüalanma selləri, *UBV* və *uvby*-rəng göstəriciləri bolometrik düzəlişlər, Balmer xətlərinin profilləri verilir.

Qeyd edək ki, ATLAS proqramı bir neçə dəfə müəllif tərəfindən təkmilləşdirilmişdir. Xüsusi halda ATLAS-12 versiyası yazılmışdır, bu proqram vasitəsilə $T_{ef} = (3500 – 50000)K$, $logg = (0 – 5)$ bazis parametrləri 7000-dən artıq modellər hesablanmışdır. Metallıq parametri $\left[\frac{M}{H}\right]$ +1-dən -5-ə qədər geniş diapazondadır. Çoxlu sayda ($58 \cdot 10^6$) həm atom, həm də molekullar xətləri nəzərə alınmışdır.

Sonrakı işlərində Kuruç aşağıdakı səbəblərdən modellərin təkmilləşdirilməsini zəruri hesab edir. [8]-də:

1. Modellər kimyəvi tərkibin müəyyən miqdarı və mikroturbulent hərəkət sürətinin $\xi_t = 2 \frac{km}{san}$ qiyməti üçün hesablanmışdır. Odur ki, bu modellər ağır elementlərin miqdarı anomal artıq olan (Am-Ap ulduzlar) və mikroturbulent hərəkət sürəti $2 \frac{km}{san}$ -dən fərqli olan ulduzlar üçün birinci yaxınlaşmada istifadə oluna bilər.

2. Tezliklərə görə interval ultrabənövşəyi oblastda 2.5 nm, vizual oblastda isə 5 nm enə malikdir. Tezliklərə görə belə bölmə müasir müşahidə nəticələri ilə müqayisə etmək üçün həmişə adekvat olmur.

3. Soyuq atmosfer modelləri üçün molekulyar qeyri-şəffaflyq nəzərə alınmır.

4. Bütün temperatur modellərində xətlərin nəzərə alınması ilə bağlı sistematik xətlər vardır. Odur ki, nəzərə alınan xətlərin sayı 1 milyondan əhəmiyyətli qədər çox olmalıdır.

5. Dərinliklərə görə nöqtələrin sayı (ND = 40), xüsusilə yuxarı qatlar üçün kifayət qədər deyil. ND-nin artırılması hesablama dəqiqliyini əhəmiyyətli qədər artırır.

6. Bütün soyuq modellərdə konveksiya kifayət qədər dəqiq olmayan üsullar ilə nəzərə alınır.

7. Lokal termodinamik tarazlıqdan kənarçıxmanın yaratdığı effektlər kifayət qədər tam nəzərə alınmır.

Yuxarıda göstərilən problemlər Kuruçun 1993-cü il modellərində [7] (CD ROM disk, KUR93) aradan qaldırılır. Bu modellərdə nailiyyətlər aşağıdakılardır:

1. Axırncı modellərdə mikroturbulent hərəkət sürətinin $\xi_t = 0; 1; 2; 3; 4; 8 \frac{km}{san}$ qiymətlərində hesablamalar aparılır.

2. OPDF-funksiyası və uyğun olaraq qeyri-şəffaflyq metallığın aşağıdakı qiymətlərində hesablanır:

$$\left[\frac{M}{H}\right] = [1.0], [+0.5], [+0.3], [+0.2], [+0.1], [0.0], [-0.1], [-0.2], [-0.3], [-0.5], [-1.0], [-1.5], [-2.0], [-2.5], [-3.0], [-4.0], [-4.5], [-5.0]$$

Bu modellər metallığın az olduğu ikinci tip məskunlaşmış, həmçinin metallığın çox olduğu Ap – Am ulduzları tədqiq etməyə imkan verir.

3. Kuruç modellərinin yeni versiyasında OPDF funksiyası iki cədvəldə verilir: “yüksək ayırdetmə” versiyası ultrabənövşəyi oblastda $10A^\circ$ və görünən oblastda $20A^\circ$ enli 1212 “kiçik” intervallardan, “kiçik ayırdetmə” versiyası isə $100A^\circ$ enli 328 “böyük” intervallardan ibarətdir. Bu funksiyalar dalğa uzunluğunun $89.7666 A^\circ$ -dən $100000 A^\circ$ -ə, temperaturun $2089K$ -dan $199526K$ -ya (56 qiymət), təzyiqin $logP = -2$ -dən $logP = 8$ -ə qədər intervalları (21 qiymət) üçün hesablanmışdır.

4. 1991-ci ilə qədər Kuruça kimyəvi elementlərin 1.7 milyon atom xətlərinin *gf*-kəmiyyətləri məlum idi. Yeni modellərdə isə hesablamalarda 58 milyon xətt nəzərə alınır.

5. F–G spektral sinifli ulduzlar üçün Kuruçun köhnə modellərinin müşahidə ilə müqayisəsi rəng göstəricilərində $0.^m05$ qədər xəta verir. Bu isə yerdəyişmə uzunluğu nəzəriyyəsinə konveksiyanın korrekt nəzərə alınmaması

ilə bağlı problemdir (yerdəyişmə uzunluğu konvektiv yuvaların sərbəst qaçış yolunun effektiv uzunluğudur). Yeni modellərdə bu nəzəriyyədə Kuruç bir sıra düzəlişlər edərək göstərilən xətanı azaldır.

6. Yeni modellərdə Kuruç 50000 xətt üçün təqribi üsullarla LTT-dən kənarçıxarma effektini nəzərə alır.

7. Kuruç dərinliyə görə ND nöqtələrinin sayını 62, bir sıra hallarda isə 72-yə çatdırır. Bu modellər hal-hazırda ən təkmilləşmiş modellərdir. Kuruçun son modellərinin bazis parametrləri geniş diapazondadır: $T_{eff} = (3000 - 50000)K$ və $lgg = 0 - 5 \left(\frac{sm}{san^2}\right)$. 7000-dən artıq modellər hesablanmışdır. Şüalanma seli 0.09 – 160 mikrometr intervalında cədvəlləşdirilmişdir. Örtük effekti dəqiq nəzərə alınmışdır ($58 \cdot 10^6$ sayda, həm atom, həm də molekullar xətləri), həmçinin $T_{eff} \leq 8000K$ model hesablamalarına konveksiya daxil edilmişdir. 50000-dən artıq xətt üçün LTT-dən kənara çıxma effekti nəzərə alınmışdır. Heliumun miqdarı normal qəbul olunur ($\frac{He}{H} = 0.11$). Metallıq parametri $\left[\frac{M}{H}\right] +1$ -dən -5 -ə qədər geniş diapazonda dəyişdirilir.

Kurucun işlərində modellər ilə yanaşı, həmçinin müşahidə ölçmələri ilə müqayisə etmək üçün bir sıra kəmiyyətlərin hesablanmış qiymətləri, məsələn, hidrogenin Balmer seriyasının $H_\alpha - H_\delta$ xətlərinin profilləri və ekvivalent enləri, UBV və $uvby$ fotometrik sistemlərində rəng göstəriciləri, $229A^\circ - 20mkm$ dalğa uzunluğu diapazonunda şüalanma seli F_λ -nın paylanması verilir.

3. Model hesablamalarında örtük effektin rolu

ÖE-yə daha çox töhfə verən xətlər çoxluğu, ulduzun spektral tipindən, daha doğrusu onun effektiv temperaturundan T_{eff} kəskin asılıdır. O və ilkin B ulduzlar daha çox ultrabənövşəyi oblastda şüalandırır, bu ulduzlarda ultrabənövşəyi oblastda spektral xətlər daha önəmli rol oynayır. Ötkün B və A spektral sinifli ulduzlarda hidrogenin Balmer seriyasının xətləri daha intensivdir, bu ulduzlarda ÖE-yə əhəmiyyətli töhfəni Balmer seriyasının xətləri verir. A spektral sinifindən başlayaraq çoxlu sayda metal xətləri, xüsusilə Ti-dən Ni qədər dəmir pik elementlərin təsiri üstün olur. Nəhayət $T_{eff} \leq 5000K$ temperaturu daha soyuq ulduzlarda müxtəlif molekulların zolaqlarında udulmalar daha əhəmiyyətli olur.

ÖE daha müfəssəl Kuruçun [7] modellərində nəzərə alınmışdır, bu modellərdə 10^6 atom xətlərinin atmosferin strukturuna təsiri hesablanmışdır.

ÖE nəzərə alınması atmosferdə əlavə qeyri-şəffafliq mənbəyinin meydana gəlməsinə gətirir. Verilən dərinlikdə xətlərdə udulan enerji hissəsi aşağıda yerləşmiş atmosfer qatlarından əks olunur, nəticədə bu qatlarda şüalanma enerjisinin sıxlığı və temperaturu artır. Əks olunan şüalanmanın hesabına temperaturun artması şəkil 1-də göstərilir. $T_{eff} = 6000K$, $lgg = 4.0$ parametrləri

modeldə $0.01 < \tau_{5000} \leq 1$ dərinlikdə ÖE nəzərə alınarsa temperatur müqayisədə $200K$ yuxarı olur.

Mixalasin [9,10] hesablamaları da $T_{eff} = 7500 \div 11000K$ ($lgg = 4.0$) modellərində $\tau_{5000} \sim 1$ dərinlikdə, ancaq Balmer xətləri hesabına temperatur $200K$ yuxarı olur. $T_{eff} = 2000K$ temperaturunda ÖE hesablamalarda nəzərə alınarsa temperatur bir neçə yüz K yuxarı olur [11].

Soyuq ulduzlarda ÖE temperaturun paylanması $T(\tau)$ əhəmiyyətli dəyişikliklərə gətirir. Belə ulduzlarda metal xətlərində udulma ilə yanaşı molekulyar zolaqlarda udulmalar da nəzərə alınır. $T_{eff} = 3400K$, $lgg = 0.0$ parametrləri modellərdə örtük effekti nəzərə alındıqda $\tau_{5000} = 1$ dərinlikdə temperatur $750K$ yüksək olur, bununla yanaşı $\tau_{5000} < 10$ dərinlikdə temperaturun əhəmiyyətli dərəcədə aşağı düşməsi aşkar edilir. Qeyd edək ki, soyuq ulduzlarda müxtəlif molekullar atmosferin strukturuna müxtəlif təsir göstərir. CO molekullarının xətləri K və M spektral sinifli ulduzların yuxarı qatlarını soyudur, TiO xətlərinin nəzərə alınması isə əksinə bu qatların qızmasına gətirir (Qustafsson və Olander [12]).

ÖE atmosferin strukturuna təsiri əsasən kəsilməz spektr və spektral xətlərin yarandığı qatlarda temperatur və udma əmsalının dəyişməsinə gətirir. Bununla yanaşı atmosfer modellərində qaz P_g və elektron təzyiqlər P_e paylanması bir qədər dəyişir. Bu dəyişikliklər kontinumda şüalanma selinin F_λ , spektral xətlərin ekvivalent enlərinin hesablanmasında özünü göstərir.

4. Model hesablamalarında konveksiyanın nəzərə alınması

Atmosfer modellərinin ilkin hesablamalarında belə qəbul olunur ki, atmosferdə enerji köçürülməsi yalnız şüalanma üsulu ilədir, bu zaman şüatarazlığı şərti ödənilir. Bu isə göstərir ki, tam şüalanma seli H_r bütün dərinliklərdə eynidir və

$$H_r = \pi \int_0^\infty F_\lambda d\lambda = \sigma_R T_{eff}^4 \quad (17)$$

bərabərdir, burada $\pi F_\lambda - \lambda$ dalğa uzunluğunda şüalanma seli, σ_R – Stefan sabitidir. Aşkar edilmişdir ki, ötkün spektral sinifli ulduzların atmosferləri müəyyən τ dərinlikdən konvektiv qeyri-dayanıqlı olur. Bu dərinliklərdə enerjinin əhəmiyyətli hissəsi konveksiya üsulu ilə köçürülür. (17) düsturu əvəzinə

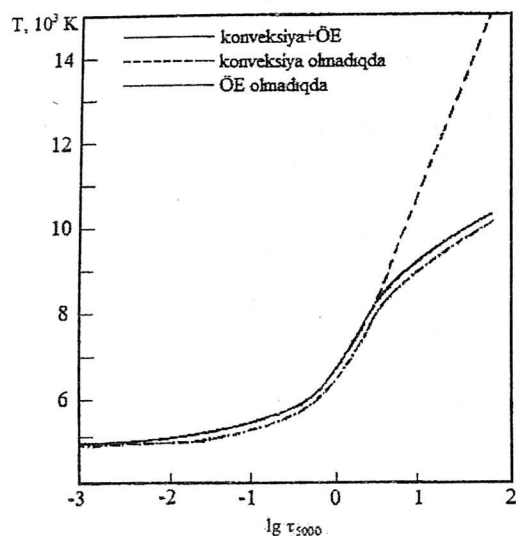
$$H_r(\tau) + H_c(\tau) = \sigma_R T_{eff}^4 \quad (18)$$

düsturundan istifadə olunur, burada H_c – konvektiv seldir. Konveksiyanın atmosferin strukturuna təsiri onun tam şüalanma enerjisində payı, yəni $H_c / H_r + H_c$ kəmiyyəti ilə təyin olunur.

[23] hesablamaları göstərir ki, $T_{eff} = 8500K$ temperaturu baş ardıcılıq ulduzlarında konvektiv zona olmur, $T_{eff} = 8000K$ temperaturda isə konvektiv zona meydana çıxır. Beləliklə, konveksiyanın nəzərə alınması ancaq, $T_{eff} \leq 8500K$ temperaturu atmosfer modelləri üçün zəruridir. Konvektiv zonanın

qalınlığı T_{eff} -in azalması ilə sürətlə artır, ancaq yuxarı sərhədlərin vəziyyəti, demək olar ki, dəyişmir.

$\tau_{5000} = 2 \div 3$ dərinliklərdə (τ_{5000} -kəsilməz spektrdə $\lambda = 5000\text{Å}$ dalğa uzunluğunda optik dərinlikdir) konvektiv və qeyri-konvektiv atmosfer modellərində temperaturun paylanması $T(\tau_{5000})$ fərqlilik yaranır. Nümunə olaraq şəkil 1-də $T_{eff} = 6000\text{K}$, $\log g = 4.0$ parametrlili atmosfer modelində konveksiyanın temperaturun paylanmasına $T(\tau_{5000})$ təsiri göstərir. Burada, $\tau_{5000} = 3$ dərinlikdən başlayaraq konvektiv model üçün $T(\tau_{5000})$ əyrisi (bütöv xətt) qeyri-konvektiv model üçün $T(\tau_{5000})$ əyrisindən (qırıq-qırıq xətt) əhəmiyyətli qədər aşağıdır, məsələn, $T(\tau_{5000}) = 10$ dərinlikdə fərq artıq 1600K -dir.



Şəkil 1. Atmosfer modellərində konveksiya və ÖE-nin temperatur paylanmasına təsiri ($T_{eff} = 6000 \text{ K}$, $\log g = 4.0$, [13]).

[13] hesablamalarına görə $T_{eff} = 8000 \div 6000\text{K}$ temperaturlarda konveksiyanın nəzərə alınması spektrin görünən və infraqırmızı oblastlarında F_λ şüalanma selinin əhəmiyyətli dəyişməsinə gətirir; yalnız ultrabənövşəyi oblastda ($\lambda \leq 2000\text{Å}$) $\sim 10\%$ fərq yaranır.

[14-15] hesablamalarına görə $T_{eff} = 3000\text{K}$, $\log g = 5.0$ parametrlili modeldə konveksiya nəzərə alınarsa $\tau > 1$ dərinlikdə əhəmiyyətli qədər azalır, $\tau < 0.1$ dərinlikdə isə tərsinə, 10% ətrafında artır.

Beləliklə, qırmızı cırtan ulduzların atmosferində konveksiya ulduzdan çıxan şüalanmanın spektrin yarandığı qatlarda enerjinin əhəmiyyətli hissəsini köçürür. [15] hesablamalarına görə spektrin görünüm və infraqırmızı oblastda enerjinin paylanması konveksiyanın nəzərə alınmasından güclü asılıdır.

Nəhəng və ifratnəhəng ulduzlarda konveksiyanın təsiri azalır. [13-17] hesablamaları göstərir ki, $T_{eff} \leq 5000\text{K}$ temperaturlu nəhəng və ifratnəhəng ulduzlarda H_c kəmiyyəti kəsilməz və xətti spektrin yarandığı oblastlarda olduqca kiçikdir, konveksiyanı nəzərə almamaq olar. Ancaq aşkar edilmişdir ki, bu kimyəvi tərkib Günəşin kimyəvi tərkibinə yaxın olduqda doğrudur. [16] hesablamalarına görə metallığın iki tərtib azaldılması $H_c(\tau)$ -ni əhəmiyyətli qədər artırır və kəsilməz spektrin yarandığı oblastlarda konveksiya yaranır. Beləliklə, metalların miqdarı az olduğu II tip məskunlaşmış ötkün nəhəng və ifratnəhəng ulduzlarda konveksiyanın nəzərə alınması vacibdir.

5. Verilmiş modellərdə kimyəvi tərkibin variasiyası

Əksər ulduzların atmosferlərində $\text{He}/\text{H} = 0.1$ -dir, ancaq bir sıra ulduzlarda bu nisbət "normal qiymətdən əhəmiyyətli qədər fərqləndiyi" aşkar edilmişdir. Klinqlsmit [18] hesablamaları göstərir ki, He/H nisbətini 0 -dan 15 -ə qədər dəyişməsi $\tau = 1$ optik dərinlikdə $T_{eff} = 1000\text{K}$, $\log g = 4.0$ parametrlili modeldə temperaturun 60K , $T_{eff} = 20000\text{K}$, $\log g = 4.0$ parametrlili modeldə isə temperaturun 870K artmasına gətirir. Beləliklə, bu effektin B-ulduz atmosferində $T(\tau)$ paylanmasına təsiri T_{eff} artdıqda artır. $P_g(\tau)$ qaz və $P_e(\tau)$ elektron təzyiqlərində nəzərə alınacaq qədər dəyişmir.

He/H nisbətini bir neçə dəfə dəyişməsi isti ulduzların atmosfer strukturlarına qeyd olunacaq qədər təsir etmir [18-19]. Bu ulduzlarda kəsilməz spektrdə enerjinin paylanması demək olar ki, dəyişmir. Həqiqətən də Mixalasin [9] hesablamalarına görə O ulduzlarda $T_{eff} = 32000 \div 40000\text{K}$ temperatur oblastında $\text{He}/\text{H} = 0.05$ nisbətini $\text{He}/\text{H} = 0.3$ nisbəti ilə əvəz etsək görünən oblastda sel F_λ praktik olaraq dəyişmir, yalnız ultrabənövşəyi oblastda fərqlənmə olur.

Soyuq ulduzların atmosfer strukturlarına He/H nisbətini təsiri Verse [20] içlərində təqdim olunur, $T_{eff} = 3000\text{K}$, $\log g = 0.0$ parametrlili modeldə kimyəvi tərkibin variasiyasının təsiri öyrənilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, He/H nisbətini 10 dəfə artırılması $\tau \geq 10$ dərinlikdə $T(\tau)$ temperaturu $T \leq 200\text{K}$, $P_g(\tau)$ qaz təzyiqini isə yuxarı qatlarda 3 dəfə artırır.

[7] Kuruçun hesablamalarına görə $T_{eff} = 8000\text{K}$, $\log g = 4.0$ parametrlili modeldə $[M/N]$ -i 0 -dan 2 -yə qədər azaltsaq $\tau = 0.1$ dərinlikdə $T(\tau)$ qiyməti 150K azalır, $\tau = 0.001$ dərinlikdə isə 200K artır. Metalların miqdarının artması isə əksinə nisbətən dərin qatların qızmasına və səth qatlarının soyumasına gətirir. Svami [21-22] hesablamaları göstərir ki, G – spektral sinifli cırtan və nəhəng ulduzlar üçün ($T_{eff} = 4000 \div 6000\text{K}$) $T(\tau)$, $P_g(\tau)$ və $P_e(\tau)$ paylanmalarına $[M/N]$ qiymətinin seçilməsinin təsiri T_{eff} kiçildikcə azalır. Bu effekt cırtan ulduzlarda nəhəng ulduzlar ilə miqayisədə çoxdur.

Qustafson və b. [16] hesablamalarına görə $T_{eff} = 5500 \div 5000\text{K}$ parametrlili modellərdə metalların miqdarını $[M/N] - 2$ -dən 0 qədər artdıqda (C, N və 0 -da daxil olmaqla) $C0$ və CN xətlərində udulma hesabına $\tau = 0.00025$

dərində temperatur 100-150K artır. T_{eff} -in daha kiçik qiymətlərində molekulların təsiri daha dərin qatlarda əhəmiyyətli qədər olur. Bu halda atmosferin strukturu əsasən C/O və N/O nisbi miqdarlarından asılı olur. Məsələn, əgər C/O=0.55 və N/O =0.14 Günəşdə olan miqdar əvəzinə C/O=1.3 və N/O=0.7 qəbul etsək $T_{eff} = 3800K$, $logg = 1.0$ və $T_{eff} = 3400K$, $logg = 1.0$ parametrlilə modellərdə kəsilməz spektrin yarandığı oblastda temperatur 500K və 750K artır [23]). Soyuq ifrat nəhəng ulduzlarda ($T_{eff} < 4000K$ temperaturun paylanması T(τ) C/O dan kəskin asılı olmasını Kersi [24] və Cudzi [25] təsdiqləyir.

6. Kuruç modelləri əsasında

A-F spektral sinifli ulduzların atmosferlərinin tədqiqinin əsas nəticələri

Bizim tərəfimizdən proqram A-F spektral sinifli ulduzların atmosferləri tədqiq edilmişdir [26-41]. Ulduzların fundamental parametrləri və kimyəvi tərkibi ən dəqiq üsül-model üsülü ilə təyin edilmişdir. Bu üsül müasirdir, mükəmməldir, bu üsül ilə hesablamalar təsdiqini tapmış dəqiq beynəlxalq proqramlar vasitəsilə aparılır.

Model üsulu ulduz atmosferi modellərinin tətbiqinə əsaslanır. Qeyd edildiyi kimi hal-hazırda ən mükəmməl modellər Kuruçun modelləridir [7]. Bu modellər bir çox nüfuzlu xarici rəsədxanalarda istifadə olunur.

Model üsülü ilə ulduzların effektiv temperatur və ağırlıq qüvvəsinin təcilini təyin etmək üçün aşağıdakı kriteriyalardan istifadə edilir [38].

1). Kəsilməz spektrdə enerjinin nisbi paylanması müşahidə və nəzəri qiymətlərinin müqayisəsi. Bu üsul monoxromatik işıqlanma E_{λ} -nın geniş dalğa uzunluğu λ intervalında ölçülməsinə əsaslanır. Spektrdə enerjinin nisbi paylanmasının müşahidədən ölçülən ($\frac{E_{\lambda}}{E_{\lambda_0}}$) və modellərdən hesablanan ($\frac{F_{\lambda}}{F_{\lambda_0}}$) qiymətləri müqayisə olunur. T_{ef} -ə müxtəlif qiymətlər verilir, spektrdə enerjinin nəzəri nisbi paylanması ilə müşahidə nisbi paylanması üst-üstə düşən hala uyğun effektiv temperatur götürülür. Bir sıra hallarda işıqlanmanın müşahidə qiymətlərinin Balmer sərhəddinə qədər və sonra nisbəti ($\frac{E_{4625}}{E_{3625}}$), nəzəri hesablanmış sellərin nisbəti ($\frac{F_{4625}}{F_{3625}}$) ilə müqayisəsi olunur. Müqayisə əsasında

$$\frac{F_{4625}}{F_{3625}} = \frac{E_{4625}}{E_{3625}}$$

bərabərliyini ödəyən bir sıra bazis parametrlilə ($T_{ef}, logg$) modellər seçilir.

2). Spektrdə enerjinin paylanmasının digər xarakteristikaları kimi *UBV* və *uvby* fotometrik sistemlərdə rəng göstərinin müşahidədən ölçülmüş və nəzəri hesablanmış qiymətləri müqayisə edilir. Əsasən *UBV* sistemində Q , *uvby* sistemində isə $[c_1]$ indekslərindən istifadə olunur. Bu indekslərdən istifadə etmək ona görə əhəmiyyətlidir ki, onlar ulduzlararası fəzada udulmanın təsirinə azadlardır.

Geniş kataloqlar mövcuddur, bu kataloqlardan $[c_1] = c_1 - 0.2(b - y)$ və $Q = (U - B) - 0.72(B - V)$ indeksləri təyin edilir. Sonralar *uvby* sistemində β kəmiyyəti əlavə olunmuşdur. Bu kəmiyyət H_{β} xəttinin intensivliyini ölçür.

3). Spektral xarakteristika kimi, əsasən hidrogenin Balmer seriyasının $H_{\alpha}, H_{\beta}, H_{\gamma}, H_{\delta}$ xətlərinin profillərinin və ya ekvivalent enlərinin müşahidədən ölçülmüş və nəzəri hesablanan qiymətləri müqayisə olunur. Qeyd edək ki, əksər parlaq ifratnəhəng ulduzlarda H_{α}, H_{β} profili asimmetrikdir və hətta emisiya müşahidə olunur. Belə ulduzlar üçün yalnız H_{γ}, H_{δ} xətlərindən istifadə olunur.

Aşkar edilmişdir ki, baxılan ulduzlar üçün təyin etdiyimiz $T_{eff}, logg$ parametrləri bu ulduzların spektral və işıqlıq siniflərinə uyğundur. Ancaq, HR8718(F5II) ulduzu üçün təyin etdiyimiz $logg = 4.0$ olması göstərir ki, bu ulduz ulduz kataloqlarında göstəriləndiyi kimi II işıqlıq sinfinə deyil IV-V işıqlıq sinfinə aiddir. Ulduz kataloqlarında dəyişiklik edilməli, HR8718(F5II) ulduzu IV-V işıqlıq sinfinə aid edilməlidir.

Müxtəlif işıqlıq sinifli (I-VI) ulduzlar üçün effektiv temperatur-spektral sinif diaqramı qurulmuş, ulduzların temperatur şkalası dəqiqləşdirilmişdir.

Model üsulu ilə mikroturbulent hərəkət sürətinin təyini hər hansı elementin neytral atom və ya ionunun spektral xətlərinin geniş diapozonda ekvivalent enlərinin tədqiqinə əsaslanır. Mikroturbulent hərəkət sürətinin ξ_t bir neçə qiymətində baxılan elementin spektral xətlərinin ekvivalent enləri W_{λ} hesablanır, müşahidədən ölçülən ekvivalent enlərlə müqayisə olunur. Hər bir spektral xəttə əsasən mikroturbulent hərəkət sürətinin ξ_t müxtəlif qiymətlərində elementin miqdarı $lg\epsilon$ hesablanır, elementin miqdarının $lg\epsilon$ onun spektral xətlərinin ekvivalent enlərindən W_{λ} asılı olmadığı qrafikə uyğun ξ_t tədqiq olunan ulduzun atmosferində mikroturbulent hərəkət sürətini təyin edir.

Aşkar edilmişdir ki, ulduzların atmosferlərində mikroturbulent hərəkət sürəti ξ_t ağırlıq qüvvəsi təcilindən $logg$ -dən asılıdır: $logg$ artdıqda ξ_t azalır. Atmosferi sıx olan ulduzlarda mikroturbulent hərəkət sürəti azdır.

Ulduzların kimyəvi tərkibi ulduzların spektrlərində spektral xətlərin ekvivalent enlərinin W_{λ} analizi əsasında təyin olunur. Elementin miqdarına $lg\epsilon$ müxtəlif qiymətlər verilir, bu elementə məxsus spektral xətlərin ekvivalent enləri hesablanır, müşahidədən ölçülən ekvivalent enlərlə müqayisə olunur, nəzəri və müşahidə ekvivalent enləri üst-üstə düşdüüyü hala uyğun $log\epsilon$ təyin olunur.

Aşkar edilmişdir ki, Qalaktika müstəvisində yerləşmiş ulduzlarda metallıq Günəşdəki kimidir. Bu isə onu göstərir ki, bu ulduzlar və Günəş eyni tərkibli maddədən yaranmışlar. Qeyd edək ki, Günəş II nəsil ulduzdur, yəni - bir dəfə ulduz mərhələsi keçmiş maddədən yaranmışdır. Beləliklə Qalaktika müstəvisində yerləşmiş ulduzlar II nəsil ulduzlardır.

Aşkar edilmişdir ki, A, F spektral sinifli ifrat nəhəng, nəhəng ulduzların atmosferlərində karbon elementinin miqdarı Günəşdə olan miqdardan azdır, natrium elementinin miqdarı isə çoxdur [27, 32, 40, 41]. Bununla da ulduzların

müasir təkamül nəzəriyyəsinin mülahizələrinin doğruluğu müşahidələr əsasında təsdiqlənmişdir.

Aşkar edilmişdir ki, Qalaktika müstəvisindən uzaqda müşahidə olunan yüksək enlikli F- ifratnəhəng ulduzlarda metallıq Günəşdə olan miqdardan azdır [27, 41]. Belə mülahizə irəli sürülür ki, bu ulduzlar nəhənglərin asimtotik qolundan çıxma mərhələsində olan ulduzlardır (post AGB), bu ulduzların atmosferlərində metalların miqdarı əvvəlcə normal (Günəş tərkibli) olmuşdur, sonra isə bu ulduzların örtüklərində toz mühitinin yaranması nəticəsində dəmir qrup elementlərin atomlarının müəyyən hissəsi toz hissəciklərinin formalaşmasına sərf olunmuşdur. Beləliklə, Qalaktika müstəvisindən uzaqda müşahidə olunan yüksək enlikli F- ifratnəhəng ulduzlar Qalaktika müstəvisində yaranan cavan ulduzlar qrupu olub, sonralar Qalaktika müstəvisini tərk edərək uzaqlaşmışlar.

ƏDƏBİYYAT

1. Fischel D., Sparks W., *Aph.J.*, 1970, v.164, p.359.
2. de Jager C., Neven L., *Bull.Astron.Inst.Netherlands Suppl.* 1960.,v.15,p.55.
3. McBride B., Heimel S., Ehlers J., GordobS., 1963, NASA SP -3001.
4. Milone L., Merlo D., *Astron.Aph.Suppl.*, 1998, v. 192,p.820.
5. Михалас Д. Звездные атмосферы, 1982
6. Kurucz R.L., 1970, *Smithsonian Astrophys. Obs.Spec.Report.* N.309.-p.1.
7. Kurucz L.S., CD-ROM 13, ATLAS9 Stellar Atmosphere Programs and 2km/s grid. Cambridge, Mass.; Smithsonian Astrophys.Obs., 1993.
8. Kurucz L.S., *Aph.J.Suppl.*, 1979,v.40,p.1.
9. Mihalas D., *Ap.J.Suppl.* 1965 v.9.p.321
10. Mihalas D., *Ap.J.Suppl.* 1966. v.13.p.1
11. Любимков Л.С., *Астрофизика*, 1975, т.11.с.703
12. Gustafsson B., Olander N., *Phys.Scripta*, 1979, v.20, p.570
13. Carbon D.F. Gingerich O. *Theory and Observation of Normal Stellar Atmospheres* (ed.O.Gingerich) Cambridge: MIT Press.1969, p.377
14. Auman Y.R., 1969, *Ap.J.* v.157.p.799
15. Kunner T., *Публ.Тартуской обс.* 1973, E.41 – с.63
16. Gustafsson B. Bell R.A., Eriksson K., Nordlund A. *Astron. Astrophys.* 1975, v.42, p.407
17. Alexander D.B. Yhonson H.R., *Ap.J.* 1972, v.176, p.629
18. KlingleSmith D.A. *Hydrogen Line Blanketed Model Stellar Atmospheres.-Washington: NASA SP-3065.* 1971, 261 p.
19. Van Citters G.W., Morton D.C., *Ap.J.*-1970, v.163,p.695.
20. Wehrse R., *Mon.Not.Roy.Astron.Soc.* 1981,v.195, p.553
21. Swamy K.S., *Astron.Astrophys.* 1969,v.1, p.297
22. Swamy K.S., *Astron.Astrophys.* 1970,v.8, p.375
23. Carbon D.F., *Ann.Rev.Astron.Astrophys.* 1979, v.17, p.513.
24. Querssi F., Querssi M., *Astron.Astrophys.* 1975, v.39, p.113.
25. Tsuji T., *Publ.Astron.Soc.Japan.* 1976, v.28, p.543.
26. Ajabshirizadeh A.A., Muradov A. *Atrophysics and Space Science*, 2004, v.293, p.289-294.
27. Халилов А.М., Самедов З.А., Гасанова А.П. *Астрономический журнал*, 2008, т.85, №10, с.940-945.
28. Səmədov Z.A., *Bakı Universitetinin xəbərləri*, 2010, №2, s.182-187.
29. Кули-заде Д.М., Самедов З.А., Таиров М.М. *Bakı Universitetinin Xəbərləri*, 2013, N4, s.201-2005.
30. Səmədov Z.A., Qədirova Ü.R., Əliyeva N.S. *Azərbaycan Astronomiya Jurnalı*, 2014, c. 9, №4, s.9-12.

31. Kuli-zade D.M., Samedov Z.A., Gadirova U.R. *International Journal of Current Research*, 2015, v.7, issue 03, p.13286-13291.
32. Samedov Z.A., Qadirova U.R. *Journal of Qafqaz University*, 2015, v. 3, №1, p.29-33.
33. Samedov Z.A., Qadirova U.R. Samedov N.H. *Journal of Qafqaz University*, 2015, v. 3, №2, p.138-143.
34. Samedov Z.A., Gadirova U.R., Amirov Sh.Sh. *Modern Trends in Physics*, 2017, p.38-40
35. Самедов З.А., Гадирова У. Р. *GESJ: Physics* 2017, No.2, p.19-24
36. Samedov Z.A. *International Journal of Development Research*. 2018, v. 08, p. 21398-21400.
37. Samedov Z. A. *Astronomy & Astrophysics (Caucasus)*, 2018, N3, p.91-96
38. Səmədov Z.A. *Bakı Dövlət Universitetinin Xəbərləri*, 2017, s.156-164.
39. Səmədov Z.A. *Bakı Dövlət Universitetinin Xəbərləri*, 2018, s.149-153.
40. Səmədov Z.A., Xəlilov Ə.M., Həsənova Ə.R., Qədirova Ü.R., Hacıyeva G.M. *Azərbaycan Milli elmlər Akademiyasının xəbərləri, Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya* 2018, №5, s. 23-28
41. Samedov Z.A. *The 6th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications*, 2018, p.130-133.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД

З.А.САМЕДОВ

РЕЗЮМЕ

Расчет моделей звездных атмосфер является достаточно довольно исследованной, областью теоретической астрофизики. Интерпретируется метод расчета атмосферных моделей. Для расчета моделей звездных атмосфер решаются совместно уравнения переноса излучения, гидростатического равновесия и лучистого равновесия. При ЛТР распределение атомов по состояниям ионизации даются формулой Саха, распределение атомов по состояниям возбуждения даются формулой Больцмана. В модельных расчетах широко интерпретируется влияния покровного эффекта и конвекции, вариации химического состава. Предоставляется информация о многих атмосферных моделях.

Ключевые слова: звезды, атмосферные модели

MODELING OF THE STELLAR ATMOSPHERE

Z.A.SAMEDOV

SUMMARY

The stellar atmosphere modeling is one of the modern advanced research field of theoretical astrophysics. The method of stellar atmosphere modelling have been described. It was shown that the radiation transfer and hydrostatic, radiation equilibrium equations are necessary to be solved for the modeling of stellar atmospheres. In the case of thermodynamic equilibrium distribution of atoms by ionisation and excitation states could be determined by Saha and Boltzmann formula correspondingly. The influence of the blanketing effect, convection and chemical composition variations in model calculations are widely discussed. The information related to another stellar atmosphere models are given.

Key words: stars, stellar atmosphere modeling

Redaksiyaya daxil oldu: 12.04.2018-ci il
Çapa imzalandı: 28.06.2018-ci il